

Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural





© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

Prakata	i
Daftar Isi	ii
Daftar Simbol	xv
Daftar istilah	xxix
A. KETENTUAN UMUM	1
A1. Ruang Lingkup	1
1. Aplikasi Seismik	2
2. Aplikasi Nuklir	2
A2. Spesifikasi, Peraturan dan Standar Acuan	2
A3. Material	7
1. Material Baja Struktural	7
1a. Acuan ke ASTM	7
1b. Baja Tidak Teridentifikasi	8
1c. Profil Besar Baja Canai Panas	8
1d. Profil Besar Tersusun	8
2. Penuangan dan Penempaan Baja	9
3. Baut, Ring dan Mur	9
4. Batang Angkur dan Batang Berulir	9
5. Material Habis Pakai untuk Pengelasan	10
6. Angkur Paku Berkepala	10
A4. Gambar Desain Struktural dan Spesifikasi	10
B. PERSYARATAN DESAIN	11
B1. Ketentuan Umum	11
B2. Beban dan Kombinasi Beban	11
B3. Dasar Desain	11
1. Kekuatan Perlu	11
2. Keadaan Batas	12
3. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)	12
4. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin (DKI)	12
5. Desain untuk Stabilitas	13
6. Desain Sambungan	13
6a. Sambungan Sederhana	13
6b. Sambungan Momen	13
7. Redistribusi Momen pada Balok	13
8. Diafragma dan Kolektor	14

9. Desain Kemampuan Layan.....	14
10. Desain Genangan	14
11. Desain Fatik	14
12. Desain untuk Kondisi Kebakaran.....	14
13. Desain untuk Efek Korosi.....	15
14. Angkur pada Beton	15
B4. PROPERTI KOMPONEN STRUKTUR.....	15
1. Klasifikasi Penampang untuk Tekuk Lokal.....	15
1a. Elemen Tidak Diperkaku	15
1b. Elemen Diperkaku.....	16
2. Tebal Dinding Desain PSB.....	16
3. Penentuan Luas Bruto dan Neto.....	21
3a. Luas Bruto.....	21
3b. Luas neto	21
B5. FABRIKASI DAN EREKSI	21
B6. PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS	21
B7. EVALUASI STRUKTUR YANG SUDAH BERDIRI	21
C. DESAIN UNTUK STABILITAS	22
C1. PERSYARATAN STABILITAS UMUM	22
1. Metode Analisis Langsung Desain.....	22
2. Metode Alternatif Desain.....	22
C2. PERHITUNGAN KEKUATAN PERLU	23
1. Persyaratan Analisis Umum.....	23
2. Pertimbangan Ketidakterselesaian Awal	24
2a. Pemodelan Langsung Ketidakterselesaian	24
2b. Penggunaan Beban Notional untuk Mewakili Ketidakterselesaian	24
3. Penyesuaian terhadap Kekakuan	25
C3. PERHITUNGAN KEKUATAN TERSEDIA.....	26
D. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TARIK	28
D1. PEMBATAHAN KELANGSINGAN	28
D2. KEKUATAN TARIK	28
D3. LUAS NETO EFEKTIF	29
D4. KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN	31
D5. KOMPONEN STRUKTUR TERHUBUNG-SENDI.....	31
1. Kekuatan Tarik.....	31
2. Persyaratan Dimensi.....	32
D6. EYEBARS	32

1. Kekuatan Tarik.....	32
2. Persyaratan Dimensi	32
E. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TEKAN	33
E1. KETENTUAN UMUM	33
E2. PANJANG EFEKTIF	35
E3. TEKUK LENTUR DARI KOMPONEN STRUKTUR TANPA ELEMEN LANGSING	35
E4. TEKUK TORSI DAN TEKUK TORSI-LENTUR DARI KOMPONEN STRUKTUR TANPA ELEMEN LANGSING	36
E5. KOMPONEN STRUKTUR TEKAN SIKU TUNGGAL	38
E6. KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN	39
1. Kekuatan Tekan.....	39
2. Persyaratan dimensional	40
E7. KOMPONEN STRUKTUR DENGAN ELEMEN LANGSING	42
1. Elemen Langsing Tidak Diperkaku, Q_s	43
2. Elemen Langsing Diperkaku, Q_a	45
F. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK LENTUR.....	47
F1. KETENTUAN UMUM.....	49
F2. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I KOMPAK SIMETRIS GANDA DAN KANAL MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR	50
1. Pelelehan.....	50
2. Tekuk Torsi-Lateral.....	51
F3. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I SIMETRIS GANDA DENGAN BADAN KOMPAK DAN NONKOMPAK ATAU SAYAP LANGSING MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR...	52
1. Tekuk Torsi-Lateral.....	53
2. Tekuk Lokal Sayap Tekan	53
F4. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I LAINNYA DENGAN BADAN KOMPAK ATAU NONKOMPAK MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR.....	53
1. Pelelehan Sayap tekan.....	53
2. Tekuk Torsi-Lateral.....	54
3. Tekuk Lokal Sayap Tekan	56
4. Pelelehan Sayap Tarik.....	57
F5. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I SIMETRIS GANDA DAN SIMETRIS TUNGGAL DENGAN BADAN LANGSING MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR.....	57
1. Pelelehan Sayap Tekan.....	58
2. Tekuk Torsi-Lateral.....	58
3. Tekuk Lokal Sayap Tekan	58
4. Pelelehan Sayap Tarik.....	59
F6. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I DAN KANAL MELENGKUNG DI SUMBU MINOR	59

1. Pelelehan	59
2. Tekuk Lokal Sayap.....	59
F7. PSB BUJUR SANGKAR DAN PERSEGI DAN KOMPONEN STRUKTUR BERBENTUK BOKS	60
1. Pelelehan	60
2. Tekuk Lokal Sayap.....	60
3. Tekuk Lokal Badan	61
F8. PSB BUNDAR.....	61
1. Pelelehan	61
2. Tekuk Lokal.....	61
F9. T DAN SIKU GANDA YANG DIBEKANI DALAM BIDANG SIMETRIS.....	62
1. Pelelehan	62
2. Tekuk Torsi-Lateral	62
3. Tekuk Lokal Sayap T	63
4. Tekuk Lokal dari Badan T pada Tekan Lentur	63
F10. SIKU TUNGKAL	64
1. Pelelehan	64
2. Tekuk Torsi-Lateral	64
3. Tekuk lokal kaki.....	66
F11. BATANG TULANGAN PERSEGI DAN BUNDAR.....	67
1. Pelelehan	67
2. Tekuk Torsi-Lateral	67
F12. PROFIL-PROFIL TIDAK SIMETRIS	67
1. Pelelehan	68
2. Tekuk Torsi-Lateral	68
3. Tekuk lokal	68
F13. PROPORSI BALOK DAN GELAGAR.....	68
1. Reduksi Kekuatan untuk Komponen Struktur Dengan Lubang-Lubang pada Sayap Tarik.....	68
2. Batas Proporsi untuk Komponen Struktur Profil I.....	69
3. Pelat Penutup.....	69
4. Balok Tersusun	70
5. Panjang Tanpa Berbreis untuk Redistribusi Momen.....	70
G. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK GESER	72
G1.KETENTUAN UMUM	72
G2.KOMPONEN STRUKTUR DENGAN BADAN TIDAK DIPERKAKU ATAU DIPERKAKU	72
1. Kekuatan Geser	72
2. Pengaku Transversal	74

G3.AKSI MEDAN TARIK	75
1. Batas Penggunaan dari Aksi Medan Tarik	75
2. Kekuatan Geser Dengan Aksi Medan Tarik	75
3. Pengaku Transversal.....	75
G4.Siku Tunggal	76
G5.KOMPONEN STRUKTUR PSB PERSEGI DAN BERBENTUK-BOKS	77
G6.PSB BUNDAR.....	77
G7.GESER SUMBU LEMAH PADA PROFIL SIMETRIS GANDA DAN TUNGGAL.....	78
G8.BALOK DAN GELAGAR DENGAN BUKAAN PADA BADAN.....	78
H. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK KOMBINASI GAYA DAN TORSI	79
H1.KOMPONEN STRUKTUR SIMETRIS GANDA DAN TUNGGAL MENAHAN LENTUR DAN GAYA AKSIAL.....	79
1. Komponen struktur Simetris Ganda dan Tunggal Menahan Lentur dan Tekan.....	79
2. Komponen Struktur Simetris Ganda dan Tunggal untuk Lentur dan Tarik	80
3. Komponen Struktur Kompak Canai Panas Simetris Ganda Menahan Momen Lentur dan Gaya Tekan Sumbu Tunggal.....	81
H2.KOMPONEN STRUKTUR TIDAK SIMETRIS DAN LAINNYA MENAHAN MOMEN LENTUR DAN GAYA AKSIAL.....	82
H3.KOMPONEN STRUKTUR YANG MENAHAN TORSI DAN KOMBINASI TORSI, LENTUR, GESER DAN/ATAU GAYA AKSIAL	83
1. PSB Bundar dan Persegi yang Menahan Torsi	83
2. PSB yang Menahan Kombinasi Gaya Torsi, Geser, Lentur dan Aksial	84
3. Komponen Struktur NonPSB yang Menahan Torsi dan Tegangan Kombinasi	85
H4.KEGAGALAN DARI SAYAP DENGAN LUBANG-LUBANG YANG MENAHAN TARIK ..	86
I. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR KOMPOSIT	87
I1. KETENTUAN UMUM.....	87
1. Beton dan Tulangan Baja	87
2. Kekuatan Nominal Penampang Komposit	88
2a. Metode Distribusi Tegangan Plastis	88
2b. Metode Kompatibilitas Regangan.....	88
3. Pembatasan Material.....	88
4. Klasifikasi Penampang Komposit Terisi Beton untuk Tekuk Lokal	89
I2. GAYA AKSIAL	90
1. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton	90
1a. Pembatasan.....	90
1b. Kekuatan Tekan.....	91
1c. Kekuatan Tarik.....	92
1d. Transfer Beban	92

1e. Persyaratan Pendetailan.....	92
2. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton	93
2a. Pembatasan	93
2b. Kekuatan Tekan	93
2c. Kekuatan Tarik	94
2d. Transfer Beban	94
13. LENTUR.....	94
1. Umum.....	94
1a. Lebar Efektif	94
1b. Kekuatan Selama Pelaksanaan	95
2. Balok Komposit Dengan Angkur <i>Steel headed stud</i> atau Angkur Kanal Baja	95
2a. Kekuatan Lentur Positif	95
2b. Kekuatan Lentur Negatif	95
2c. Balok Komposit Dengan Dek Baja Berlekuk	96
2d. Transfer Beban Antara Balok Baja dan Slab Beton	97
3. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton.....	98
4. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton	98
4a. Pembatasan	98
4b. Kekuatan Lentur.....	98
14. Geser	99
1. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton	99
2. Balok Komposit Dengan Dek Baja Berlekuk	99
15. KOMBINASI LENTUR DAN GAYA AKSIAL	100
16. TRANSFER BEBAN.....	100
1. Persyaratan Umum	100
2. Alokasi Gaya	100
2a. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan pada Penampang Baja	100
2b. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan untuk Beton.....	101
2c. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan Serentak pada Baja dan Beton.....	101
3. Mekanisme Transfer Gaya	101
3a. Tumpuan Langsung	101
3b. Sambungan Geser	102
3c. Interaksi Lekat Langsung	102
4. Persyaratan Pendetailan.....	103
4a. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton.....	103
4b. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton	103
17. DIAFRAGMA KOMPOSIT DAN BALOK KOLEKTOR.....	103

I8. ANGKUR BAJA	103
1. Umum	103
2. Angkur Baja pada Balok Komposit	103
2a. Kekuatan dari Angkur <i>Steel headed stud</i>	104
2b. Kekuatan dari Angkur Kanal Baja	105
2c. Jumlah Angkur Baja yang Diperlukan	105
2d. Persyaratan Pendetailan	106
3. Angkur Baja pada Komponen Komposit	106
3a. Kekuatan Geser dari Angkur <i>Steel headed stud</i> pada Komponen Komposit	107
3b. Kekuatan Tarik dari Angkur <i>Steel headed stud</i> pada Komponen Komposit	108
3c. Kekuatan Angkur <i>Steel Headed Stud</i> untuk Interaksi Geser dan Tarik pada Komponen Komposit	108
3d. Kekuatan Geser Angkur Kanal Baja pada Komponen Komposit	110
3e. Persyaratan Pendetailan pada Komponen Komposit	110
I9. KASUS KHUSUS	110
J. DESAIN SAMBUNGAN	111
J1. Ketentuan Umum	111
1. Dasar Desain	111
2. Sambungan Sederhana	111
3. Sambungan Momen	111
4. Komponen Struktur Tekan Dengan Joint Tumpu	112
5. <i>Splice</i> pada Profil Besar	112
6. Lubang Akses Las	112
7. Penempatan Las dan Baut	113
8. Baut dalam Kombinasi Dengan Las	113
9. Baut Kekuatan-Tinggi dalam Kombinasi Dengan Paku Keling	113
10. Pembatasan pada Sambungan Dengan Baut dan Sambungan Dengan Las	113
J2. Las	114
1. Las Tumpul	114
1a. Area Efektif	114
1b. Pembatasan	116
2. Las Sudut	116
2a. Luas Efektif	116
2b. Pembatasan	116
3. Las Plug dan Slot	118
3a. Luas Efektif	118
3b. Pembatasan	118
4. Kekuatan	119

5. Kombinasi Las.....	122
6. Persyaratan Logam Pengisi	123
7. Logam Las Dicampur	123
J3. BAUT DAN BAGIAN-BAGIAN BERULIR	123
1. Baut Kekuatan-Tinggi.....	123
2. Ukuran dan Penggunaan Lubang	126
3. Spasi Minimum.....	127
4. Jarak Tepi Minimum.....	127
5. Spasi Maksimum dan Jarak Tepi	129
6. Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-bagian Berulir	129
7. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe-Tumpuan	129
8. Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Slip-Kritis	130
9. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Slip-Kritis.....	131
10. Kekuatan Tumpuan pada Lubang-Lubang Baut	132
11. Sarana Penyambung Khusus	133
12. Sarana Penyambung Gaya Tarik.....	133
J4. ELEMEN TERPENGARUH DARI KOMPONEN STRUKTUR DAN ELEMEN PENYAMBUNG.....	133
1. Kekuatan Elemen dalam Tarik	133
2. Kekuatan Elemen dalam Geser	133
3. Kekuatan Geser Blok	134
4. Kekuatan Elemen dalam Tekan	134
5. Kekuatan Elemen dalam Lentur	134
J5. Pengisi	135
1. Pengisi dalam Sambungan Las	135
1a. Pengisi Tipis.....	135
1b. Pengisi Tebal	135
2. Pengisi dalam Sambungan Baut.....	135
J6. Splice	136
J7. Kekuatan Tumpuan.....	136
J8. DASAR KOLOM DAN PENUMPU BETON	137
J9. BATANG ANGKUR DAN PENANAMAN.....	137
J10. SAYAP DAN BADAN DENGAN GAYA TERPUSAT	138
1. Lentur Lokal Sayap	138
2. Pelelehan Lokal Badan	139
3. Pelipatan pada Badan.....	139
4. Tekuk pada Badan akibat Goyangan.....	140
5. Tekuk Tekan Badan.....	141

6. Geser Zona Panel Badan	142
7. Ujung Tanpa Berangka dari Balok dan Gelagar	143
8. Persyaratan Pengaku Tambahan untuk Gaya-Gaya Terpusat.....	143
9. Persyaratan Pelat Pengganda Tambahan untuk Gaya-Gaya Terpusat	144
K. DESAIN SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR PSB DAN BOKS	145
K1. GAYA-GAYA TERPUSAT PADA PSB	145
1. Definisi Parameter	145
2. PSB Bundar	146
3. PSB Persegi	146
K2. SAMBUNGAN RANGKA BATANG PSB-KE-PSB.....	146
1. Definisi Parameter	224
2. PSB Bundar	152
3. PSB Persegi	152
K3. SAMBUNGAN MOMEN PSB-KE-PSB	152
1. Definisi Parameter	158
2. PSB Bundar	159
3. PSB Persegi	159
K4. LAS-LAS PELAT DAN CABANG-CABANG PADA PSB PERSEGI	159
L. DESAIN UNTUK KEMAMPUAN LAYAN	168
L1. KETENTUAN UMUM.....	168
L2. CAMBER	168
L3. DEFLEKSI	168
L4. SIMPANGAN	168
L5. VIBRASI.....	169
L6. GERAKAN INDUKSI-ANGIN	169
L7. PEMUAIAN DAN KONTRAKSI.....	169
L8. SLIP SAMBUNGAN.....	169
M. PABRIKASI DAN EREKSI	170
M1.GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI	170
M2.FABRIKASI	170
1. Camber, Pelengkungan dan Pelurusan.....	170
2. Pemotongan Termal	170
3. Perencanaan Tepi	171
4. Pelaksanaan Las	171
5. Pelaksanaan Baut.....	171
6. Joint Tekan	172
7. Toleransi Dimensi	172

8. Finish dari Dasar Kolom.....	172
9. Lubang untuk Batang Angkur	172
10. Lubang Saluran.....	172
11. Persyaratan untuk Komponen Struktur yang Digalvanis	173
M3.PENGECATAN DI BENGKEL.....	173
1. Persyaratan Umum	173
2. Permukaan yang Tidak Dapat Diakses.....	173
3. Permukaan Kontak	173
4. Permukaan Jadi	173
5. Permukaan yang Berdekatan dengan Las Lapangan.....	173
M4.EREKSI.....	173
1. Pengaturan Dasar Kolom.....	173
2. Stabilitas dan Sambungan	174
3. Pelurusan.....	174
4. Pengepasan dari Joint Tekan Kolom dan Pelat Dasar	174
5. Pengelasan Lapangan	174
6. Pengecatan Lapangan.....	174
N. PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS	175
N1. RUANG LINGKUP.....	175
N2. PROGRAM PENGENDALIAN KUALITAS FABRIKASI DAN EREKTOR.....	175
N3. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR.....	176
1. Penyerahan Dokumen Konstruksi Baja	176
2. Dokumen Tersedia untuk Konstruksi Baja	176
N4. PEMERIKSAAN DAN PERSONIL PENGUJIAN NONDESTRUKTIF.....	177
1. Kualifikasi Pemeriksa Pengendali Kualitas	177
2. Kualifikasi Pemeriksa Penjamin Kualitas	178
3. Kualifikasi Personil PND	178
N5.PERSYARATAN MINIMUM UNTUK PEMERIKSAAN BANGUNAN	
BAJA STRUKTURAL	178
1. Pengendalian Kualitas	178
2. Penjaminan Kualitas	179
3. Pemeriksaan Terkoordinasi	179
4. Pemeriksaan Pengelasan	179
5. Pengujian NonDestruktif dari Joint Dilas.....	181
5a. Prosedur	181
5b. PND Las Tumpul PJJ	181
5c. Lubang Akses PND.....	181

5d. Joint Dilas yang Memikul Fatik	182
5e. Reduksi dari Laju Uji Ultrasonik.....	182
5f. Penambahan dalam Laju Uji Ultrasonik.....	182
5g. Dokumentasi.....	182
6. Pemeriksaan Pembautan Kekuatan-Tinggi	183
7. Tugas Pemeriksaan Lainnya	184
N6. PERSYARATAN MINIMUM UNTUK PEMERIKSAAN KONSTRUKSI KOMPOSIT	184
N7. FABRIKATOR DAN EREKTOR YANG DISETUJUI	185
N8. MATERIAL DAN Pengerjaan yang tidak sesuai	185
LAMPIRAN 1. DESAIN DENGAN ANALISIS INELASTIS	187
1.1 PERSYARATAN UMUM.....	187
1.2 PERSYARATAN DAKTALITAS	188
1. Material	188
2. Penampang Melintang.....	188
3. Panjang Tanpa Berbreis	189
4. Gaya Aksial.....	190
1.3 PERSYARATAN ANALISIS.....	190
1. Properti Material dan Kriteria Leleh	191
2. Ketidaktepurnaan Geometris	191
3. Efek Tegangan Sisa dan Pelelehan Sebagian	191
LAMPIRAN 2. DESAIN UNTUK GENANGAN	192
2.1 DESAIN SEDERHANA UNTUK GENANGAN	192
2.2 DESAIN Ditingkatkan untuk Genangan.....	193
LAMPIRAN 3. DESAIN UNTUK FATIK	196
3.1 KETENTUAN UMUM.....	196
3.2 PENGHITUNGAN TEGANGAN DAN RENTANG TEGANGAN MAKSIMUM	197
3.3 MATERIAL POLOS DAN JOINT DILAS	197
3.4 BAUT DAN BAGIAN YANG BERULIR	199
3.5 PERSYARATAN FABRIKASI DAN EREKSI KHUSUS	200
LAMPIRAN 4. DESAIN STRUKTURAL UNTUK KONDISI KEBAKARAN	218
4.1 KETENTUAN UMUM.....	218
4.1.1 Objektif Kinerja	218
4.1.2 Desain dengan Analisis Kerekayasaan	218
4.1.3 Desain dengan Pengujian Kualifikasi	218
4.1.4 Kombinasi Beban dan Kekuatan Perlu	219
4.2 DESAIN STRUKTURAL UNTUK KONDISI KEBAKARAN DENGAN ANALISIS.....	219
4.2.1 Desain-Dasar Kebakaran.....	219

SNI 1729:2015

4.2.1.1 Kebakaran Dilokalisasi.....	219
4.2.1.2 Paca-Flashover Kebakaran Kompartemen.....	219
4.2.1.3 Kebakaran Eksterior	220
4.2.1.4 Sistem Proteksi Kebakaran Aktif.....	220
4.2.2 Temperatur dalam Sistem Struktur akibat Kondisi Kebakaran	220
4.2.3 Kekuatan Material pada Temperatur Terelevasi.....	220
4.2.3.1 Perpanjangan akibat Termal.....	220
4.2.3.2 Properti Mekanikal pada Temperatur Terelevasi	221
4.2.4 Persyaratan Desain Struktural	222
4.2.4.1 Integritas Struktural Umum	222
4.2.4.2 Persyaratan Kekuatan dan Batas Deformasi.....	222
4.2.4.3 Metode Analisis.....	222
4.2.4.3a Metode Lanjutan Analisis.....	222
4.2.4.3b Metode Sederhana Analisis	223
4.2.4.4 Kekuatan Desain.....	225
4.3 DESAIN DENGAN PENGUJIAN KUALIFIKASI.....	225
4.3.1 Standar kualifikasi.....	225
4.3.2 Konstruksi Dikekang	225
4.3.3 Konstruksi Tidak Dikekang	225
LAMPIRAN 5. EVALUASI DARI STRUKTUR YANG SUDAH BERDIRI.....	226
5.1 KETENTUAN UMUM	226
5.2 PROPERTI MATERIAL.....	226
1. Penentuan Pengujian yang Diperlukan.....	226
2. Properti Tarik	226
3. Komposisi Kimia	227
4. Kekerasan Takik Metal Dasar.....	227
5. Metal Las	227
6. Baut dan Paku Keling	227
5.3 EVALUASI DENGAN ANALISIS STRUKTURAL.....	227
1. Data Dimensional.....	227
2. Evaluasi Kekuatans	227
3. Evaluasi Kemampuan Layan	228
5.4 EVALUASI DENGAN UJI BEBAN	228
1. Penentuan Laju Beban dengan Pengujian	228
2. Evaluasi Kemampuan Layan	228
5.5 LAPORAN EVALUASI	228
LAMPIRAN 6. BREISING STABILITAS UNTUK KOLOM DAN BALOK	230

6.1 KETENTUAN UMUM.....	230
6.2 BREISING KOLOM.....	231
1. Breising Relatif.....	231
2. Breising Nodal	231
6.3 BREISING BALOK.....	232
1. Breising Lateral.....	232
1a. Breising Relatif.....	232
1b. Breising Nodal	233
2. Breising torsi.....	233
2a. Breising Nodal	233
2b. Breising Menerus.....	234
6.4 BREISING BALOK-KOLOM	235
LAMPIRAN 7. METODE ALTERNATIF DESAIN UNTUK STABILITAS.....	236
7.1 PERSYARATAN STABILITAS UMUM	236
7.2 METODE PANJANG EFEKTIF.....	236
1. Pembatasan.....	236
2. Kekuatan Perlu	236
3. Kekuatan Tersedia.....	237
7.3 METODE ANALISIS ORDE-PERTAMA	237
1. Pembatasan.....	237
2. Kekuatan Perlu	238
3. Kekuatan Tersedia.....	239
LAMPIRAN 8. ANALISIS ORDE-KEDUA PENDEKATAN	240
8.1.PEMBATASAN	240
8.2.PROSEDUR PENGHITUNGAN	240
1. Pengali B_1 untuk Efek $P-\delta$	241
2. Pengali B_2 untuk Efek $P-\Delta$	242

Prakata

Standar Nasional Indonesia mengenai “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural” merupakan merupakan revisi dari SNI 03-1729-2002 Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung.

Standar ini merupakan adopsi identik dengan metode terjemahan dari AISI 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings* yang diterbitkan oleh the *American Institute of Steel Construction*.

Standar ini disusun dengan tujuan untuk memberikan acuan dalam sektor konstruksi dan rekayasa sipil, khususnya terkait dengan gedung baja struktural. Standar ini memberikan persyaratan umum, persyaratan desain, analisis, persyaratan desain komponen struktur dan sambungan, sistem rangka-momen, sistem rangka-terbreis dan dinding-geser, sistem rangka momen komposit, rangka terbreis komposit dan sistem dinding geser, fabrikasi dan ereksi, pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas, ketentuan pengujian prakualifikasi dan kualifikasi siklik.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sain, Struktur dan Konstruksi Bangunan dan telah dibahas dan disetujui pada rapat konsensus tanggal 28 November 2011 di Bandung dan telah melalui proses jajak pendapat pada tanggal 20 Januari 2013 hingga 20 Maret 2013.

Untuk menjaga ketertelusuran, struktur standar ini menggunakan struktur standar yang diadopsi. Bila ada keraguan mengenai pemahaman standar ini, maka agar mengacu pada naskah aslinya dalam bahasa Inggris.

Daftar simbol

Simbol	Definisi	Pasal
A_{BM}	Luas penampang logam dasar, in. ² (mm ²)	J2.4
A_b	Luas nominal tubuh yang tidak berulir dari baut atau bagian yang berulir, in. ² (mm ²)	J3.6
A_{bi}	Luas penampang cabang lewatan, in. ² (mm ²)	K2.3
A_{bj}	Luas penampang cabang yang berlewatan, in. ² (mm ²)	K2.3
A_c	Luas beton, in. ² (mm ²)	I2.1b
A_c	Luas pelat beton di lebar efektif, in. ² (mm ²)	I3.2d
A_e	Luas neto efektif, in. ² (mm ²)	D2
A_e	Jumlah luas efektif penampang berdasarkan lebar efektif tereduksi, b_e , in. ² (mm ²)	E7.2
A_{fc}	Luas sayap tekan, in. ² (mm ²)	G3.1
A_{fg}	Luas bruto sayap tarik, in. ² (mm ²)	F13.1
A_{fn}	Luas neto sayap tarik, in. ² (mm ²)	F13.1
A_{ft}	Luas sayap tarik, in. ² (mm ²)	G3.1
A_g	Luas penampang bruto komponen struktur, in. ² (mm ²)	B3.7
A_g	Luas bruto komponen struktur komposit, in. ² (mm ²)	I2.1
A_{gv}	Luas bruto penahan geser, in. ² (mm ²)	J4.3
A_n	Luas neto komponen struktur, in. ² (mm ²)	B4.3
A_n	Luas elemen-elemen yang tersambung langsung, in. ² (mm ²)	Tabel D3.1
A_{nt}	Luas neto penahan tarik, in. ² (mm ²)	J4.3
A_{nv}	Luas neto penahan geser, in. ² (mm ²)	J4.3
A_{pb}	Luas tumpu terproyeksi, in. ² (mm ²)	J7
A_s	Luas penampang profil baja, in. ² (mm ²)	I2.1b
A_{sa}	Luas penampang paku penahan geser, in. ² (mm ²)	I8.2a
A_{sf}	Luas geser pada jalur runtuh, in. ² (mm ²)	D5.1
A_{sr}	Luas dari batang tulangan yang menerus, in. ² (mm ²)	I2.1
A_{sr}	Luas baja tulangan longitudinal yang disalurkan secara cukup di lebar efektif pelat beton, in. ² (mm ²)	I3.2d
A_t	Luas tarik neto, in. ² (mm ²)	Lamp. 3.4
A_w	Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan, dt_w , in. ² (mm ²)	G2.1
A_{we}	Luas efektif las, in. ² (mm ²)	J2.4
A_{wei}	Luas efektif <i>throat</i> las dari setiap elemen las i th, in. ² (mm ²)	J2.4
A_1	Luas beton yang dibebani, in. ² (mm ²)	I6.3a
A_1	Luas tumpuan baja konsentris di atas penumpu beton, in. ² (mm ²)	J8
A_2	Luas maksimum bagian permukaan tumpuan yang secara geometris sama dan konsentris dengan luas yang dibebani, in. ² (mm ²)	J8
B	Lebar keseluruhan komponen struktur PSB persegi, diukur 90 derajat terhadap bidang sambungan, in. (mm)	Tabel D3.1

B	Lebar keseluruhan penampang baja persegi sepanjang muka yang menyalurkan beban, in. (mm)	I6.3c
B_b	Lebar keseluruhan komponen struktur cabang PSB persegi, diukur 90 derajat terhadap bidang sambungan, in. (mm)	K2.1
B_{bi}	Lebar keseluruhan cabang yang meng-overlap, in. (mm)	K2.3
B_{bj}	Lebar keseluruhan cabang yang dioverlap, in. (mm)	K2.3
B_p	Lebar pelat, diukur 90 derajat terhadap sambungan, in. (mm)	K1.1
B_1	Pengali untuk menghitung efek $P - \delta$	Lamp. 8.2
B_2	Pengali untuk menghitung efek $P - \Delta$	Lamp. 8.2
C	Konstanta torsi PSB	H3.1
C_b	Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata	F1
C_d	Koefisien yang diperhitungkan untuk kekakuan breising perlu yang ditingkatkan pada titik belok	Lamp. 6.3.1
C_f	Konstanta dari Tabel A-3.1 untuk kategori fatik	Lamp. 3.3
C_m	Koefisien yang diperhitungkan untuk momen nonmerata	Lamp.8.2.1
C_p	Koefisien fleksibilitas genangan air hujan untuk komponen struktur primer pada atap rata	Lamp. 2.1
C_r	Koefisien untuk tekuk pada badan akibat goyangan	J10.4
C_s	Koefisien fleksibilitas genangan air hujan untuk komponen struktur sekunder pada atap rata	Lamp. 2.1
C_v	Koefisien geser badan	G2.1
C_w	Konstanta pembengkokan, in. ⁶ (mm ⁶)	E4
C_2	Penambahan jarak tepi	Tabel J3.5
D	Diameter terluar sekeliling komponen struktur PSB, in. (mm)	Tabel B4.1
D	Diameter terluar sekeliling komponen struktur utama PSB, in. (mm)	K2.1
D	beban mati nominal, kips (N)	Lamp. 2.2
D_b	Diameter terluar sekeliling komponen struktur cabang PSB, in. (mm)	K2.1
D_u	Pada sambungan slip-kritis, pengali yang mencerminkan rasio baut pratarik rata-rata yang terpasang terhadap baut pratarik minimum yang disyaratkan	J3.8
E	Modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)	Tabel B4.1
E_c	Modulus elastis beton = $w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, ksi ($0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, MPa)	I2.1b
$E_c(T)$	Modulus elastis beton pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.3.2
E_s	Modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)	I2.1
$E(T)$	Modulus elastis baja pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	App.4.2.4.3
EI_{eff}	Kekakuan efektif penampang komposit, kip-in. ² (N-mm ²)	I2.1b
F_c	Tegangan tersedia, ksi (MPa)	K1.1
F_{ca}	Tegangan aksial tersedia pada titik yang diperhitungkan, ksi (MPa)	H2
F_{cbw}, F_{cbz}	Tegangan lentur tersedia pada titik yang diperhitungkan, ksi (MPa)	H2
F_{cr}	Tegangan kritis, ksi (MPa)	E3
F_{cry}	Tegangan kritis terhadap sumbu y simetris, ksi (MPa)	E4
F_{crz}	Tegangan tekuk torsi kritis, ksi (MPa)	E4

F_e	Tegangan tekuk elastis, ksi (MPa)	E.3
$F_e(T)$	Tegangan tekuk elastis kritis dengan modulus elastis $E(T)$ pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.4.3
F_{ex}	Tegangan tekuk lentur elastis pada sumbu major utama, ksi (MPa)	E4
F_{EXX}	Kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa)	J2.4
F_{ey}	Tegangan tekuk lentur elastis pada sumbu major utama, ksi (MPa)	E4
F_{ez}	Tegangan tekuk torsi elastis, ksi (MPa)	E4
F_{in}	Tegangan lekatan nominal, 0,06 ksi (0,40 MPa)	I6.3c
F_L	Besaran tegangan lentur pada sayap tekan dimana tekuk lokal sayap atau tekuk lateral-torsi dipengaruhi oleh pelelehan, ksi (MPa)	Tabel B4.1
F_n	Tegangan nominal, ksi (MPa)	H3.3
F_n	Tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} , dari Tabel J3.2, ksi (MPa)	J3.6
F_{nBM}	Tegangan nominal logam dasar, ksi (MPa)	J2.4
F_{nt}	Tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)	J3.7
F'_{nt}	Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)	J3.7
F_{nv}	Tegangan geser nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)	J3.7
F_{nw}	Tegangan nominal logam las, ksi (MPa)	J2.4
F_{nw}	Tegangan nominal logam las (Bab J) dengan tanpa peningkatan pada kekuatan akibat beban langsung, ksi (MPa)	K4
F_{nwi}	Tegangan nominal pada elemen las i th, ksi (MPa)	J2.4
F_{nwix}	Komponen x dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (MPa)	J2.4
F_{nwiy}	Komponen y dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (MPa)	J2.4
$F_p(T)$	Batas proporsional pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.3.2
F_{SR}	Rentang tegangan izin, ksi (MPa)	Lamp. 3.3
F_{TH}	Rentang tegangan izin batas, rentang tegangan maksimum untuk riwayat hidup desain tidak terbatas dari Tabel A-3.1, ksi (MPa)	Lamp. 3.1
F_u	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)	D2
$F_u(T)$	Kekuatan tarik minimum pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.3.2
F_y	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa). Seperti yang digunakan dalam Spesifikasi ini, "tegangan leleh" menunjukkan baik titik leleh minimum yang disyaratkan (untuk baja yang mempunyai titik leleh) atau kekuatan leleh yang disyaratkan (untuk baja yang tidak mempunyai titik leleh)	Tabel B3.7
F_{yb}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material komponen struktur cabang PSB, ksi (MPa)	K2.1
F_{ybi}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material cabang overlapping, ksi (MPa)	K2.3
F_{ybj}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material cabang overlapped, ksi (MPa)	K2.3
F_{yf}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari sayap, ksi (MPa)	J10.1

F_{yp}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari pelat, ksi (MPa)	K1.1
F_{ysr}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan batang tulangan, ksi (MPa)	I2.1b
F_{yst}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material pengaku, ksi (MPa)	G3.3
$F_T(T)$	Tegangan leleh pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.4.3
F_{yw}	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material badan, ksi (MPa)	G3.3
G	Modulus elastis geser baja = 11 200 ksi (77 200 MPa)	E4
$G(T)$	Modulus elastis geser baja pada temperatur terelevasi, ksi (MPa)	Lamp. 4.2.3.2
H	Konstanta lentur	E4
H	Geser tingkat, dalam arah translasi yang diperhitungkan, hasil gaya lateral yang digunakan untuk menghitung Δ_H , kips (N)	Lamp. 8.2.2
H	Tinggi keseluruhan komponen struktur PSB persegi, diukur dalam bidang sambungan, in. (mm)	Tabel D3.1
H_b	Tinggi keseluruhan komponen struktur cabang PSB persegi, diukur dalam bidang sambungan, in. (mm)	K2.1
H_{bi}	Tinggi keseluruhan cabang overlapping	K2.3
I	Momen inersia dalam bidang lentur, in. ⁴ (mm ⁴)	Lamp.8.2.1
I_c	Momen inersia penampang beton pada sumbu netral elastis penampang komposit, in. ⁴ (mm ⁴)	I2.1b
I_d	Momen inersia dek baja yang didukung pada komponen struktur sekunder, in. ⁴ (mm ⁴)	Lamp. 2.1
I_p	Momen inersia komponen struktur primer, in. ⁴ (mm ⁴)	Lamp. 2.1
I_s	Momen inersia komponen struktur sekunder, in. ⁴ (mm ⁴)	Lamp. 2.1
I_s	Momen inersia profil baja pada sumbu netral elastis penampang komposit, in. ⁴ (mm ⁴)	I2.1b
I_{sr}	Momen inersia batang tulangan pada sumbu netral elastis penampang komposit, in. ⁴ (mm ⁴)	I2.1b
I_{st}	Momen inersia dari pengaku transversal pada sumbu pusat badan untuk sepasang pengaku, atau sekitar muka kontak dengan pelat badan untuk pengaku tunggal, in. ⁴ (mm ⁴)	G3.3
I_{st1}	Momen inersia minimum pengaku transversal yang diperlukan untuk pengembangan dari ketahanan tekuk geser badan pada Pasal G2.2, in. ⁴ (mm ⁴)	G3.3
I_{st2}	Momen inersia minimum pengaku transversal yang diperlukan untuk pengembangan tekuk geser badan total ditambah ketahanan medan tarik badan, $V_r = V_{c2}$, in. ⁴ (mm ⁴)	G3.3
I_x, I_y	Momen inersia pada sumbu utama, in. ⁴ (mm ⁴)	E4
I_y	Momen inersia keluar bidang, in. ⁴ (mm ⁴)	Lamp. 6.3.2a
I_{yc}	Momen inersia sayap tekan pada sumbu y, in. ⁴ (mm ⁴)	F4.2
I_z	Momen inersia sumbu minor utama, in. ⁴ (mm ⁴)	F10.2
J	Konstanta torsi, in. ⁴ (mm ⁴)	E4
K	Faktor panjang efektif	C3,E2
K_x	Faktor panjang efektif untuk tekuk lentur pada sumbu x	E4
K_y	Faktor panjang efektif untuk tekuk lentur pada sumbu y	E4
K_z	Faktor panjang efektif untuk tekuk torsi	E4
K_1	Faktor panjang efektif pada bidang lentur, dihitung berdasarkan	Lamp. 8.2.1

	asumsi dari tanpa translasi lateral di ujung komponen struktur, atur sama dengan 1,0 kecuali analisis menunjukkan nilai terkecil	
L	Tinggi tingkat, in. (mm)	Lamp.7.3.2
L	Panjang komponen struktur, in. (mm)	H3.1
L	Beban hidup penghunian nominal	Lamp. 4.1.4
L	Panjang komponen struktur tidak dibreis secara lateral, in. (mm)	E2
L	Panjang bentang, in. (mm)	Lamp. 6.3.2a
L	Panjang komponen struktur antara titik kerja pada sumbu kord rangka batang, in. (mm)	E5
L_b	Panjang antara titik-titik yang dibreis untuk mencegah peralihan lateral sayap tekan atau dibreis untuk mencegah puntir penampang melintang, in. (mm)	F2.2
L_b	Jarak antara breis, in. (mm)	Lamp. 6.2
L_b	Panjang tanpa dibreis secara lateral terbesar sepanjang sayap di titik dari beban, in. (mm)	J10.4
L_m	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kelayakan selama redistribusi momen pada balok sesuai dengan Pasal B3.7	F13.5
L_p	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas leleh, in. (mm)	F2.2
L_p	Panjang komponen struktur utama, ft (m)	Lamp. 2.1
L_{pd}	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk analisis plastis, in. (mm)	Lamp. 1.2.3
L_r	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis, in. (mm)	F2.2
L_s	Panjang komponen struktur sekunder, ft (m)	Lamp. 2.1
L_v	Jarak dari maksimum ke gaya geser nol, in. (mm)	G6
M_A	Nilai absolut momen pada titik seperempat dari segmen tidak dibreis, kip-in. (N-mm)	F1
M_a	Kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)	J10.4
M_B	Nilai absolut momen pada sumbu segmen tidak dibreis, kip-in. (N-mm)	F1
M_C	Nilai absolut momen pada titik tiga-perempat dari segmen tidak dibreis, kip-in. (N-mm)	F1
M_{cx}, M_{cy}	Kekuatan lentur tersedia ditentukan menurut Bab F, kip-in. (N-mm)	H1.1
M_{cx}	Kekuatan torsi-lateral tersedia untuk lentur sumbu kuat ditentukan sesuai dengan Bab F yang menggunakan $C_b = 1,0$, kip-in. (N-mm)	H1.3
M_{cx}	Kekuatan lentur tersedia pada sumbu x untuk keadaan batas keruntuhan tarik sayap, kip-in (N-mm)	H4
M_e	Momen tekuk torsi-lateral elastis, kip-in. (N-mm)	F10.2
M_{lt}	Momen orde-pertama akibat kombinasi beban DFBK atau DKI disebabkan oleh translasi lateral hanya dari struktur, kip-in. (N-mm)	Lamp.8.2
M_{max}	Nilai absolut momen maksimum pada segmen tidak dibreis, kip-in. (N-mm)	F1
M_{mid}	Momen di tengah dari panjang tanpa breising, kip-in. (N-mm)	Lamp.1.2.3
M_n	Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)	F1

M_{nt}	Momen orde-pertama menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, dengan struktur dikekang melawan translasi, kip-in. (N-mm)	Lamp.8.2
M_p	Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)	Tabel B4.1
M_p	Momen sehubungan dengan distribusi tegangan plastis di atas penampang komposit, kip-in. (N-mm)	I3.4b
M_r	Kekuatan lentur orde-kedua yang diperlukan akibat kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)	Lamp.8.2
M_r	Kekuatan lentur perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)	H1.1
M_{rb}	Momen breising perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)	Lamp. 6.3.2
M_{r-ip}	Kekuatan lentur perlu dalam-bidang pada cabang yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in.(N-mm)	K3.2
M_{r-op}	Kekuatan lentur perlu keluar bidang gambar pada cabang yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)	K3.2
M_{rx}, M_{ry}	Kekuatan lentur perlu, kip-in. (N-mm)	H1.1
M_{rx}	Kekuatan lentur perlu di lokasi lubang-lubang baut; positif untuk tarik pada sayap yang diperhitungkan, negatif untuk tekan, kip-in. (N-mm)	H4
M_u	Kekuatan lentur perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)	J10.4
M_y	Momen di pelelehan serat terluar, kip-in. (N-mm)	Tabel B4.1
M_y	Momen leleh pada sumbu lentur, kip-in. (N-mm)	F10.1
M_{yc}	Momen di pelelehan serat terluar pada sayap tekan, kip-in. (N-mm)	F4.2
M_{yt}	Momen di pelelehan serat terluar pada sayap tarik, kip-in. (N-mm)	F4.4
M'_1	Momen efektif di ujung dari panjang tanpa breising yang berlawanan dari M_2 , kip-in. (N-mm)	Lamp.1.2.3
M_1	Momen terkecil di ujung panjang tak-terbreis, kip-in. (N-mm)	F13.5, Lamp.1.2.3
M_2	Momen terbesar di ujung panjang tak-terbreis, kip-in. (N-mm)	F13.5, Lamp.1.2.3
N_i	Beban nasional yang diterapkan pada level i , kips (N)	C2.2b
N_i	Beban lateral tambahan, kips (N)	Lamp.7.3
O_v	Koefisien sambungan overlap	K2.2
P_c	Kekuatan aksial tersedia, kips (N)	H1.1
P_{cy}	Kekuatan tekan tersedia keluar bidang lentur, kips (N)	H1.3
P_e	Beban tekuk kritis elastis yang ditentukan sesuai dengan Bab C atau Lampiran 7, kips (N)	I2.1b
$P_{e story}$	Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, kips (N)	Lamp.8.2.2
P_{ey}	Beban tekuk kritis elastis untuk tekuk sekitar sumbu lemah, kips (N)	H1.2
P_{e1}	kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur pada bidang lentur, kips (N)	Lamp.8.2.1
P_{lt}	Gaya aksial orde-pertama yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, akibat translasi lateral hanya dari struktur, kips (N)	Lamp.8.2

P_{mf}	Beban vertikal total pada kolom di tingkat yang merupakan bagian dari rangka momen, jika ada, dalam arah translasi yang diperhitungkan, kips (N)	Lamp. 8.2.2
P_n	Kekuatan aksial nominal, kips (N)	D2
P_n	Kekuatan tekan nominal, kips (N)	E1
P_{no}	Kekuatan tekan nominal dari panjang nol, simetris ganda, komponen struktur komposit yang dibebani secara aksial, kips (N)	I2
P_{nt}	Gaya aksial orde-pertama menggunakan kombinasi beban DFBK dan DKI, dengan struktur dikekang melawan translasi lateral, kips (N)	Lamp.8.2
P_p	Kekuatan tumpu nominal, kips (N)	J8
P_r	Kekuatan aksial orde-kedua yang diperlukan dengan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)	Lamp.8.2
P_r	Kekuatan tekan aksial yang diperlukan dengan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)	C2.3
P_r	Kekuatan aksial yang diperlukan dengan menggunakan kombinasi beban DBBK atau DKI, kips (N)	H1.1
P_r	Kekuatan aksial yang diperlukan dari komponen struktur di lokasi lubang baut; positif dalam tarik, negatif dalam tekan, kips (N)	H4
P_r	Gaya eksternal perlu yang diterapkan pada komponen struktur komposit, kips (N)	I6.2a
P_{rb}	Kekuatan breis perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)	Lamp.6.2
P_{ro}	Kekuatan aksial-perlu pada kord di joint, di atas sisi joint dengan tegangan tekan terendah, kips (N)	Tabel K1.1
P_{story}	Beban vertikal total yang didukung oleh tingkat menggunakan beban kombinasi DFBK atau DKI, yang sesuai, termasuk beban pada kolom yang bukan bagian dari sistem penahan gaya lateral, kips (N)	Lamp.8.2.2
P_u	Kekuatan aksial-perlu pada kord menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)	K1.1
P_u	Kekuatan aksial tekan yang diperlukan, kips (N)	Lamp. 1.2.2
P_y	Kekuatan leleh aksial, kips (N)	C2.3
Q	Faktor reduksi neto untuk menghitung semua elemen tekan langsing	E7
Q_a	Faktor reduksi untuk elemen langsing diperkaku	E7.2
Q_{ct}	Kekuatan tarik tersedia, kips (N)	I8.3c
Q_{cv}	Kekuatan geser tersedia, kips (N)	I8.3c
Q_f	Parameter interaksi tegangan-kord	K2.2
Q_n	Kekuatan nominal dari satu <i>steel headed stud</i> atau angkur kanal baja, kips (N)	I3.2
Q_{nt}	Kekuatan tarik nominal dari angkur <i>steel headed stud</i> , kips (N)	I8.3b
Q_{nv}	Kekuatan geser nominal dari angkur <i>steel headed stud</i> , kips (N)	I8.3a
Q_{rt}	Kekuatan tarik perlu, kips (N)	I8.3c
Q_{rv}	Kekuatan geser perlu, kips (N)	I8.3c
Q_s	Faktor reduksi untuk elemen langsing tidak diperkaku	E7.1
R	Radius joint permukaan, in. (mm)	Tabel J2.2
R	Beban nominal akibat air hujan atau salju, eksklusif kontribusi genangan air hujan, ksi (MPa)	Lamp. 2.2

R	Koefisien modifikasi respons seismik	A1.1
R_a	Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DKI	B3.4
R_{FIL}	Faktor reduksi untuk joint menggunakan hanya sepasang las sudut melintang	Lamp. 3.3
R_g	Koefisien untuk menghitung efek group	I8.2a
R_M	Koefisien untuk menghitung pengaruh $P-\delta$ pada $P-\Delta$	Lamp.8.2.2
R_n	Kekuatan nominal, disyaratkan pada Bab B sampai K	B3.3
R_n	Ketahanan slip nominal, kips (N)	J3.8
R_n	Kekuatan nominal dari mekanisme transfer yang berlaku, kips (N)	I6.3
R_{nwl}	Kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani longitudinal, seperti ditentukan sesuai dengan Tabel J2.5, kips (N)	J2.4
R_{nwt}	Kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani transversal, seperti ditentukan menurut Tabel J2.5 tanpa pengganti pada Pasal J2.4(a), kips (N)	J2.4
R_{nx}	Komponen horizontal kekuatan nominal kelompok las, kips (N)	J2.4
R_{ny}	Komponen vertikal kekuatan nominal kelompok las, kips (N)	J2.4
R_p	Faktor efek posisi untuk paku geser (shear stud)	I8.2a
R_{pc}	Faktor plastifikasi badan	F4.1
R_{pg}	Faktor reduksi kekuatan lentur	F5.2
R_{PJP}	Faktor reduksi untuk las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS) penguat atau tanpa penguat melintang	Lamp. 3.3
R_{pt}	Faktor plastifikasi badan sehubungan dengan kondisi batas leleh sayap tarik	F4.4
R_u	Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK	B3.3
S	Modulus penampang elastis, in. ³ (mm ³)	F8.2
S	Spasi komponen struktur sekunder, ft (m)	Lamp. 2.1
S	Beban salju nominal	Lamp. 4.1.4
S_c	Modulus penampang elastis terhadap tumit dalam tekan relatif pada sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	F10.3
S_e	Modulus penampang efektif pada sumbu major, in. ³ (mm ³)	F7.2
S_{ip}	Modulus penampang elastis efektif las untuk lentur di bidang (Tabel K4.1), in. ³ (mm ³)	K4
S_{min}	Modulus penampang elastis terendah relatif terhadap sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	F12
S_{op}	Modulus penampang elastis efektif las untuk lentur di luar-bidang (Tabel K4.1), in. ³ (mm ³)	K4
S_{xc}, S_{xt}	Modulus penampang elastis yang diacu pada setiap sayap tekan dan tarik, in. ³ (mm ³)	Tabel B4.1
S_x	Modulus penampang elastis pada sumbu x, in. ³ (mm ³)	F2.2
S_y	Untuk penampang elastis pada sumbu y. Untuk kanal, modulus penampang minimum, in. ³ (mm ³)	F6.2
T	Gaya nominal dan deformasi akibat dasar-desain kebakaran yang didefinisikan pada Lampiran Pasal 4.2.1	Lamp. 4.1.4
T_a	Gaya tarik perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (kN)	J3.9
T_b	Gaya tarik sarana penyambung minimum pada Tabel J3.1 atau J3.1M, kips (kN)	J3.8
T_c	Kekuatan torsi yang tersedia, kip-in. (N-mm)	H3.2
T_n	Kekuatan torsi nominal, kip-in. (N-mm)	H3.1
T_r	Kekuatan torsi perlu menggunakan kombinasi DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)	H3.2
T_u	Gaya tarik perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)	J3.9

U	Faktor geser yang tidak diperhitungkan	D3
U	Rasio pemanfaatan	K2.2
U_{bs}	Koefisien reduksi, digunakan pada perhitungan kekuatan runtuh blok geser	J4.3
U_p	Indeks tegangan untuk komponen struktur primer	Lamp. 2.2
U_s	Indeks tegangan untuk komponen struktur sekunder	Lamp. 2.2
V'	Gaya geser nominal antara balok baja dan pelat beton yang disalurkan melalui angkur baja, kips (N)	I3.2d
V_c	Kekuatan geser tersedia, kips (N)	H3.2
V_{c1}	Terkecil dari kekuatan geser tersedia pada panel badan yang berdekatan dengan V_n seperti didefinisikan pada Pasal G2.1, kips (N)	G3.3
V_{c2}	Terkecil dari kekuatan geser tersedia pada panel badan yang berdekatan dengan V_n seperti didefinisikan pada Pasal G3.2, kips (N)	G3.3
V_n	Kekuatan geser nominal, kips (N)	G1
V_r	Terbesar dari kekuatan geser pada panel badan yang berdekatan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)	G3.3
V_r	Kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)	H3.2
V'_r	Gaya geser longitudinal perlu yang disalurkan ke baja atau beton, kips (N)	I6.2
Y_i	Beban gravitasi yang diterapkan pada level i dari kombinasi beban DFBK atau kombinasi beban DKI, yang sesuai, kips (N)	C2.2b, App.7.3.2
Z	Modulus penampang plastis pada sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	F7.1
Z_b	Modulus penampang plastis dari cabang pada sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	K3.1
Z_x	Modulus penampang plastis pada sumbu x, in. ³ (mm ³)	F2.1
Z_y	Modulus penampang plastis pada sumbu y, in. ³ (mm ³)	F6.1
a	Jarak bersih antara pengaku-pengaku transversal, in. (mm)	F13.2
a	Jarak antara konektor, in. (mm)	E6.1
a	Jarak terpendek dari tepi lubang sendi ke tepi komponen struktur yang diukur sejajar terhadap arah gaya, in. (mm)	D5.1
a	Setengah panjang muka root nonlas dalam arah tebal pelat yang dibebani-tarik, in. (mm)	Lamp. 3.3
a'	Panjang las sepanjang kedua tepi dari penghentian pelat penutup pada balok atau gelagar, in. (mm)	F13.3
a_w	Rasio dari dua kali luas badan dalam tekan akibat penerapan dari momen lentur sendiri sumbu major pada luas komponen sayap tekan	F4.2
b	Lebar total kaki dalam tekan, in. (mm)	F10.3
b	Untuk sayap komponen struktur profil I, setengah lebar sayap-penuh, b_f ; untuk sayap kanal, dimensi nominal total dari sayap, in. (mm)	E6.2
b	Lebar total dari kaki terpanjang, in. (mm)	E7.1
b	Lebar elemen tekan tidak diperkaku; lebar elemen tekan diperkaku, in. (mm)	B4.1
b	Lebar kaki yang menahan gaya geser, in. (mm)	G4
b_{cf}	Lebar sayap kolom, in. (mm)	J10.6
b_e	Lebar efektif tereduksi, in. (mm)	E7.2
b_e	Jarak tepi efektif untuk perhitungan kekuatan runtuh tarik dari komponen struktur pin-disambung, in. (mm)	D5.1
b_{eoi}	Lebar efektif dari las muka cabang ke kord, in. (mm)	K2.3

b_{eov}	Lebar efektif dari las muka cabang pada breis overlapped, in. (mm)	K2.3
b_f	Lebar sayap, in. (mm)	B4.1
b_{fc}	Lebar sayap tekan, in. (mm)	F4.2
b_{ft}	Lebar sayap tarik, in. (mm)	G3.1
b_l	Panjang dari kaki siku terpanjang, in. (mm)	E5
b_s	Panjang dari kaki siku terpendek, in. (mm)	E5
b_s	Lebar pengaku untuk satu-pengaku disisi, in. (mm)	Lamp. 6.3.2
d	Diameter sarana penyambung nominal, in. (mm)	J3.3
d	Diameter baut nominal, in. (mm)	J3.10
d	Tinggi nominal total penampang, in. (mm)	B4.1, J10.3
d	Tinggi batang tulangan persegi, in. (mm)	F11.2
d	Diameter, in. (mm)	J7
d	Diameter sendi, in. (mm)	D5.1
d_b	Tinggi balok, in. (mm)	J10.6
d_b	Diameter nominal (diameter badan/body atau shank), in. (mm)	App. 3.4
d_c	Tinggi kolom, in. (mm)	J10.6
e	Eksentrisitas pada sambungan rangka batang, positif berada jauh dari cabang-cabang, in. (mm)	K2.1
e_{mid-ht}	Jarak dari tepi shank angkur <i>steel headed stud</i> ke badan dek baja, in. (mm)	I8.2a
f'_c	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (MPa)	I1.2b
$f'_c(T)$	Kekuatan tekan beton di temperatur terelevasi, ksi (MPa)	I1.2b
f_o	Tegangan akibat $D+R$ (D = beban mati nominal, R = beban nominal akibat air hujan atau salju eksklusif dari kontribusi genangan air hujan), ksi (MPa)	App.2.2
f_{ra}	Tegangan aksial-perlu di titik perhitungan yang menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, ksi (MPa)	H2
f_{rbw}, f_{rbz}	Tegangan lentur perlu di titik perhitungan menggunakan beban kombinasi DFBK atau DKI, ksi (MPa)	H2
f_{rv}	Tegangan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, ksi (MPa)	J3.7
g	Spasi pusat-ke-pusat transversal antara sarana penyambung, in. (mm)	B4.3
g	Celah antara kaki komponen struktur cabang pada sambungan-tipe K <i>bercelah</i> , dengan mengabaikan las, in. (mm)	K2.1
h	Lebar elemen tekan diperkaku, in. (mm)	B4.1
h	Tinggi elemen geser, in. (mm)	G2.1b
h	Jarak bersih antara sayap dikurangi sudut atau radius sudut profil canai panas; jarak antara garis sarana penyambung yang berdekatan atau jarak bersih antara sayap bila las digunakan untuk profil tersusun, in. (mm)	J10.4
h_c	Dua kali jarak dari pusat gravitasi ke yang berikut: muka bagian dalam sayap tekan dikurangi las sudut atau radius sudut, untuk profil canai panas; garis terdekat sarana penyambung pada sayap tekan atau muka bagian dalam dari sayap tekan bila las digunakan, untuk penampang tersusun, in. (mm)	B4.1

h_o	Jarak antara titik-titik berat sayap, in. (mm)	F2.2
h_p	Dua kali jarak dari sumbu netral plastis ke garis terdekat dari sarana penyambung pada sayap tekan atau muka bagian dalam dari sayap tekan bila las digunakan, in. (mm)	B4.1
h_r	Tinggi nominal rusuk, in. (mm)	J3.8
k	Jarak dari muka terluar dari sayap ke tumit badan dari sudut, in. (mm)	J10.2
k_c	Koefisien untuk elemen langsing tak-diperkaku	Tabel B4.1
k_{sc}	Koefisien kombinasi tarik dan geser slip-kritis	J3.9
k_v	Koefisien tekuk geser pelat badan	G2.1
ℓ	Panjang aktual dari las yang dibebani ujungnya, in. (mm)	J2.2
ℓ	Panjang sambungan, in. (mm)	Tabel D3.1
ℓ_b	Panjang penumpu, in. (mm)	J7
ℓ_c	Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi material, in. (mm)	J3.10
ℓ_{ca}	Panjang angkur kanal, in. (mm)	I8.2b
ℓ_e	Panjang las tumpul dan las sudut efektif total pada PSB persegi untuk perhitungan kekuatan las, in. (mm)	K4
ℓ_{ov}	Panjang overlap diukur sepanjang muka penyambungan dari beneath kord dua cabang, in. (mm)	K2.1
ℓ_p	Panjang terproyeksi dari cabang overlapping pada kord, in. (mm)	K2.1
n	Jumlah dari titik-titik nodal terbreis di dalam bentang	App. 6.3
n	Ulir per inch (per mm)	App. 3.4
n_b	Jumlah baut penahan tarik yang diterapkan	J3.9
n_s	Jumlah bidang-bidang slip yang diperlukan berkenaan sambungan untuk slip	J3.8
n_{SR}	Jumlah dari fluktuasi rentang tegangan pada desain life	App.3.3
p	Pitch, in. Per ulir (mm per ulir)	App.3.4
p_i	Rasio dari deformasi elemen i terhadap deformasinya di tegangan maksimum	J2.4
r	Jari-jari girasi, in. (mm)	E2
r_{cr}	Jarak dari pusat rotasi seketika ke elemen las dengan rasio minimum Δ_u / r_i , in. (mm)	J2.4
r_i	Radius girasi minimum dari setiap komponen, in. (mm)	E6.1
r_i	Jarak dari pusat rotasi seketika ke elemen las i th, in. (mm)	J2.4
\bar{r}_o	Radius polar dari girasi pada pusat geser, in. (mm)	E4
r_t	Radius girasi komponen sayap pada tekan lentur ditambah sepertiga luas badan dalam tekan akibat penerapan sumbu major momen lentur saja	F4.2
r_{ts}	Radius girasi efektif, in. (mm)	F2.2
r_x	Radius girasi pada sumbu x, in. (mm)	E4
r_x	Radius girasi pada sumbu geometris sejajar terhadap kaki besi siku tersambung, in. (mm)	E5
r_y	Radius girasi pada sumbu y, in. (mm)	E4

r_z	Jari-jari girasi pada sumbu utama minor, in. (mm)	E5
s	Spasi pusat-ke-pusat longitudinal (pitch) dari setiap dua lubang berurutan, in. (mm)	B4.3
t	Tebal elemen, in. (mm)	E7.1
t	Tebal dinding, in. (mm)	E7.2
t	Tebal kaki besi siku, in. (mm)	F10.2
t	Lebar batang tulangan persegi sejajar dengan sumbu lentur, in. (mm)	F11.2
t	Tebal material yang disambung, in. (mm)	J3.10
t	Tebal pelat, in. (mm)	D5.1
t	Tebal total dari pengisi, in. (mm)	J5.2
t	Tebal dinding desain komponen struktur PSB, in. (mm)	B4.1, K1.1
t_b	Tebal dinding desain dari komponen struktur cabang PSB, in. (mm)	K2.1
t_{bi}	Tebal dari cabang overlapping, in. (mm)	K2.3
t_{bj}	Tebal cabang dari cabang overlapped, in. (mm)	K2.3
t_{cf}	Tebal sayap kolom, in. (mm)	J10.6
t_f	Tebal sayap, in. (mm)	F6.2
t_f	Tebal sayap yang dibebani, in. (mm)	J10.1
t_f	Tebal sayap angkur kanal, in. (mm)	I8.2b
t_{fc}	Tebal sayap tekan, in. (mm)	F4.2
t_p	Tebal pelat, in. (mm)	K1.1
t_p	Tebal pelat dibebani tarik, in. (mm)	App. 3.3
t_{st}	Tebal pengaku badan, in. (mm)	App. 6.3.2a
t_w	Tebal badan, in. (mm)	Tabel B4.1
t_w	Tebal throat las efektif terkecil sekeliling perimeter dari cabang atau pelat, in. (mm)	K4
t_w	Tebal badan angkur kanal, in. (mm)	I8.2b
w	Lebar pelat penutup, in. (mm)	F13.3
w	Ukuran kaki las, in. (mm)	J2.2
w	Subscript sehubungan simbol pada sumbu major lentur utama	H2
w	Lebar pelat, in. (mm)	Tabel D3.1
w	Ukuran kaki dari penguat atau sudut yang berkontur, jika ada, pada arah tebal pelat dibebani tarik, in. (mm)	Lamp. 3.3
w_c	Berat beton per satuan volume ($90 \leq w_c \leq 155 \text{ lbs/ft}^3$ atau $1500 \leq w_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$)	I2.1
w_r	Lebar rata-rata rusuk beton atau voute (haunch), in. (mm)	I3.2
x	Indeks sehubungan simbol pada sumbu kuat lentur	H1.1
x_i	Komponen x dari r_i	J2.4
x_o, y_o	Koordinat dari pusat geser berkenaan dengan titik berat, in. (mm)	E4
\bar{x}	Eksentrisitas dari sambungan, in. (mm)	Tabel D3.1
y	Indeks sehubungan simbol pada sumbu lemah lentur	H1.1
y_i	Komponen y dari r_i	J2.4
z	Indeks sehubungan simbol pada sumbu minor lentur utama	H2

α	Faktor penyesuaian level gaya DFBK/DKI	C2.3
β	Faktor reduksi yang diberikan oleh Persamaan J2-1	J2.2
β	Rasio lebar; rasio dari diameter cabang terhadap diameter kord untuk PSB bundar; rasio dari lebar cabang keseluruhan terhadap lebar kord untuk PSB persegi	K2.1
β_T	Kekakuan sistem breis keseluruhan, kip-in./radian (N-mm/radian)	Lamp. 6.3.2a
β_{br}	Kekakuan breis yang diperlukan, kips/in. (N/mm)	Lamp. 6.2.1
β_{eff}	Rasio lebar efektif; jumlah dari perimeter dua komponen struktur cabang pada sebuah sambungan-K dibagi dengan delapan kali lebar kord	K2.1
β_{eop}	Parameter efektif pons terluar	K2.3
β_{sec}	Kekakuan distorsi badan, termasuk efek dari pengaku transversal badan, jika ada, kip-in./radian (N-mm/radian)	Lamp. 6.3.2a
β_{Tb}	Kekakuan torsi yang diperlukan untuk breising nodal, kip-in./rad (N-mm/rad)	Lamp. 6.3.2a
β_w	Sifat penampang untuk siku kaki yang tidak sama, positif untuk kaki pendek dalam tekan dan negatif untuk kaki panjang dalam tekan	F10.2
Δ	Simpangan tingkat-dalam orde-pertama akibat kombinasi beban DFBK atau DKI, in. (mm)	Lamp. 7.3.2
Δ_H	Simpangan tingkat-dalam orde-pertama akibat gaya lateral, in. (mm)	Lamp. 8.2.2
Δ_i	Deformasi dari elemen las di level tegangan menengah, diproporsikan secara linear terhadap deformasi kritis berdasarkan jarak dari pusat rotasi seketika, r_i , in. (mm)	J2.4
Δ_{mi}	Deformasi dari elemen las pada tegangan maksimum, in. (mm)	J2.4
Δ_{ui}	Deformasi dari elemen las pada tegangan ultimate (retak), biasanya dalam elemen terjauh dari pusat rotasi seketika, in. (mm)	J2.4
$\varepsilon_{cu}(\tau)$	Regangan beton maksimum pada temperatur terelevasi, %	Lamp. 4.2.3.2
γ	Rasio kelangsingan kord; rasio dari setengah diameter terhadap tebal dinding untuk PSB bundar; rasio setengah lebar terhadap tebal dinding untuk PSB persegi	K2.1
ζ	Rasio celah; rasio celah antara cabang-cabang dari suatu sambungan-K di celah terhadap lebar kord untuk PSB persegi	K2.1
η	Parameter panjang beban, hanya sesuai untuk PSB persegi; rasio dari panjang kontak cabang dengan kord dalam bidang dari sambungan pada lebar kord	K2.1
λ	Parameter kelangsingan	F3.2
λ_p	Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak	B4
λ_{pd}	Parameter batas kelangsingan untuk desain plastis	Lamp.1.2
λ_{pf}	Parameter batas kelangsingan untuk sayap kompak	F3.2
λ_{pw}	Parameter batas kelangsingan untuk badan kompak	F4
λ_r	Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak	B4
λ_{rf}	Parameter batas kelangsingan untuk sayap nonkompak	F3.2
λ_{rw}	Parameter batas kelangsingan untuk badan nonkompak	F4.2

μ	Koefisien slip rata-rata untuk permukaan kelas A atau B, yang sesuai, atau seperti ditetapkan oleh pengujian	J3.8
ϕ	Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K	B3.3
ϕ_B	Faktor ketahanan untuk tumpuan beton	I6.3a
ϕ_b	Faktor ketahanan untuk lentur	F1
ϕ_c	Faktor ketahanan untuk tekan	B3.7
ϕ_c	Faktor ketahanan untuk kolom komposit dibebani secara aksial	I2.1b
ϕ_{sf}	Faktor ketahanan untuk geser pada alur keruntuhan	D5.1
ϕ_T	Faktor ketahanan untuk torsi	H3.1
ϕ_t	Faktor ketahanan untuk tarik	D2
ϕ_t	Faktor ketahanan untuk angkur <i>steel headed stud</i> dalam tarik	I8.3b
ϕ_v	Faktor ketahanan untuk geser	G1
ϕ_v	Faktor ketahanan untuk angkur <i>steel headed stud</i> dalam geser	I8.3a
Ω	Faktor keamanan, disyaratkan pada Bab B sampai K	B3.4
Ω_B	Faktor keamanan untuk tumpuan beton	I6.1
Ω_b	Faktor keamanan untuk lentur	F1
Ω_c	Faktor keamanan untuk tekan	B3.7
Ω_c	Faktor keamanan untuk kolom komposit yang dibebani secara aksial	I2.1b
Ω_{sf}	Faktor keamanan untuk geser pada alur keruntuhan	D5.1
Ω_T	Faktor keamanan untuk torsi	H3.1
Ω_t	Faktor keamanan untuk tarik	D2
Ω_t	Faktor keamanan untuk angkur <i>steel headed stud</i> dalam tarik	I8.3b
Ω_v	Faktor keamanan untuk geser	G1
Ω_v	Faktor keamanan untuk angkur <i>steel headed stud</i> dalam geser	I8.3a
ρ_{sr}	Rasio tulangan minimum untuk penulangan longitudinal	I2.1
ρ_{st}	Terbesar dari F_{yw}/F_{yst} dan 1,0	G3.3
θ	Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat	J2.4
θ	Sudut lancip antara cabang dan kord, derajat	K2.1
θ_i	Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal elemen las <i>i</i> th, derajat	J2.4
τ_b	Parameter reduksi kekakuan	C2.3

Daftar istilah

Istilah yang didefinisikan ditulis dalam huruf miring dalam daftar di bawah, dan dimana mereka pertama kali muncul dalam suatu pasal atau paragraf panjang dalam spesifikasi ini.

Catatan:

- (1) Istilah yang ditandai dengan tanda [†] adalah istilah-istilah umum AISI dan AISC yang telah dikoordinasikan antara kedua lembaga
- (2) Istilah yang ditandai dengan tanda * biasanya dikualifikasikan dengan tipe dari efek beban; misalnya, *kekuatan tarik nominal*, *kekuatan tekan tersedia*, dan *kekuatan lentur desain*.
- (3) Istilah yang ditandai dengan tanda ** biasanya dikualifikasikan dengan jenis komponen; misalnya, *tekuk lokal badan* dan *lentur lokal sayap*.

Active fire protection / Proteksi kebakaran aktif. Material bangunan dan sistem yang diaktifkan oleh kebakaran untuk mengurangi efek merugikan atau untuk memberitahu orang agar mengambil beberapa tindakan untuk mengurangi efek merugikan.

Allowable strength^{†} / Kekuatan izin^{*†}.* Kekuatan nominal dibagi dengan faktor keamanan, R_n/Ω .

Allowable stress^{} / Tegangan izin^{*}.* Kekuatan izin dibagi dengan sifat penampang yang sesuai, seperti modulus penampang atau luas penampang melintang.

Applicable building code[†] / Peraturan bangunan yang berlaku[†]. Peraturan bangunan yang digunakan untuk mendesain gedung.

ASD (allowable strength design)[†] / DKI (Desain Kekuatan Izin)[†]. Metode yang memproporsikan komponen struktur sedemikian rupa sehingga kekuatan izin sama dengan atau melebihi kekuatan perlu dari komponen akibat aksi kombinasi beban DKI.

ASD load combination[†] / Kombinasi beban DKI[†]. Kombinasi beban dalam peraturan bangunan yang berlaku untuk desain kekuatan izin (desain tegangan izin).

Authority having jurisdiction (AHJ) / Otoritas yang memiliki kewenangan. Organisasi, subdivisi politis, kantor atau individu yang dibebani tanggung jawab melaksanakan dan menegakkan ketentuan peraturan bangunan yang berlaku.

Available strength^{†} / Kekuatan tersedia^{*†}.* Kekuatan desain atau kekuatan izin, yang sesuai.

Available stress^{} / Tegangan tersedia^{*}.* Tegangan desain atau tegangan izin, yang sesuai.

Average rib width / Lebar rusuk rata-rata. Lebar rata-rata rusuk bergelombang pada dek baja lekuk.

Batten plate / Pelat kopel. Pelat yang disambungkan secara kaku pada dua komponen paralel dari kolom atau balok tersusun yang didesain untuk menyalurkan geser di antara komponen-komponen.

Beam / Balok. Komponen struktur horizontal nominal yang memiliki fungsi utama untuk menahan momen lentur.

Beam-column / Kolom-balok. Komponen struktur yang menahan gaya aksial dan momen lentur.

Bearing[†] / Tumpuan[†]. Pada suatu sambungan, keadaan batas dari gaya-gaya geser disalurkan melalui sarana penyambung mekanikal ke elemen-elemen sambungan.

Bearing (local compressive yielding)[†] / Tumpuan (leleh tekan lokal)[†]. Keadaan batas dari leleh tekan lokal akibat aksi dari suatu tumpuan komponen struktur terhadap komponen struktur lainnya atau suatu permukaan.

Bearing-type connection / Sambungan tipe tumpu. Sambungan baut dimana gaya-gaya geser disalurkan melalui tumpuan baut ke elemen-elemen sambungan.

Block shear rupture[†] / Kegagalan geser blok[†]. Pada suatu sambungan, keadaan batas dari kegagalan akibat tarik sepanjang suatu alur dan pelelehan akibat geser atau kegagalan geser sepanjang alur lainnya.

Braced frame[†] / Portal terbreis[†]. Sistem rangka batang vertikal yang secara esensial memberikan ketahanan terhadap gaya lateral dan memberikan stabilitas untuk sistem struktur.

Bracing / Breising. Komponen struktur atau sistem yang memberikan kekakuan dan kekuatan untuk membatasi pergerakan ke luar bidang gambar dari komponen struktur lainnya di titik breis.

Branch member / Komponen struktur cabang. Pada sambungan PSB, komponen struktur yang berakhir di komponen struktur tali busur atau komponen struktur utama.

Buckling[†] / Tekuk[†]. Keadaan batas dari perubahan geometri tiba-tiba dari struktur atau setiap elemennya akibat kondisi beban kritis.

Buckling strength / Kekuatan tekuk. Kekuatan untuk keadaan batas ketidakstabilan.

Built-up member, cross section, section, shape / Komponen struktur tersusun, penampang melintang, profil, bentuk. Komponen struktur, penampang melintang, profil atau bentuk yang difabrikasi dari elemen-elemen baja struktur yang disatukan menggunakan las atau baut.

Camber / Camber. Lengkungan yang difabrikasi pada suatu balok atau rangka batang untuk mengimbangi lendutan yang disebabkan oleh beban.

Charpy V-notch impact test / Pengujian impak takik-V Charpy. Pengujian dinamik standar yang mengukur kekerasan takik suatu spesimen.

Chord member / Komponen struktur kord (tali busur). Pada suatu sambungan PSB, komponen struktur utama yang menerus melampaui sambungan rangka batang.

Cladding / Kulit Bangunan Gedung. Penutup luar dari struktur.

Cold-formed steel structural member[†] / komponen struktur baja dibentuk-dingin[†]. Profil yang dibuat melalui proses penekanan dari lembar baja polos, yang dipotong dari gulungan atau lembaran pelat, atau melalui proses pengan dingin, ataupun gulungan atau lembaran pelat yang di panas; kedua proses pembentukan tersebut dilakukan pada temperatur ruang

ambien, yaitu tanpa pemanasan tambahan sebagaimana dibutuhkan untuk yang terbentuk panas.

Collector / Kolektor. Juga dikenal sebagai *drag strut*; elemen yang bekerja untuk menyalurkan beban antara *diafragma* lantai dan komponen struktur *sistem penahan gaya lateral*.

Column / Kolom. Komponen struktur vertikal nominal yang memiliki fungsi utama menahan gaya aksial tekan.

Column base / Dasar kolom. Rakitan dari profil struktur, pelat, konektor, baut dan batang pada dasar suatu *kolom* yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya antara struktur atas baja dan pondasi.

Compact section / Penampang kompak. Penampang yang mampu mengembangkan distribusi tegangan plastis secara penuh dan memiliki *kapasitas rotasi* kurang lebih tiga sebelum terjadi *tekuk lokal*.

Compartmentation / Pengboksen. Penutupan dari ruangan menggunakan elemen-elemen yang memiliki daya tahan kebakaran secara spesifik.

Complete-joint-penetration (CJP) groove weld / Las tumpul penetrasi-joint-lengkap (P JL). *Las tumpul* dimana logam las mencapai seluruh ketebalan *joint*, kecuali seperti diizinkan pada *sambungan PSB*.

Composite / Komposit. Kondisi dimana elemen-elemen dan komponen struktur baja dan beton bekerja sebagai satu kesatuan dalam distribusi gaya-gaya dalam.

Composite beam / Balok komposit. *Balok* baja struktur yang bersentuhan langsung dan bekerja secara komposit dengan pelat beton bertulang.

Composite component / Komponen komposit. Komponen struktur, elemen penyambung atau rakitan dimana elemen-elemen baja dan beton bekerja sebagai satu kesatuan dalam distribusi gaya-gaya dalam, dengan pengecualian kasus khusus *balok komposit* dimana *angkur baja* tertanam dalam pelat beton solid atau dalam pelat yang dicor di atas *dek baja lekuk*.

Concrete breakout surface / Permukaan beton pecah. Permukaan yang menandai suatu volume beton di sekeliling sebuah *angkur steel headed stud* yang terpisah dari beton sekitarnya.

Concrete crushing / Kehancuran beton. Keadaan batas dari kegagalan tekan pada beton yang telah mencapai regangan ultimit.

Concrete haunch / Penebalan beton setempat. Pada sistem lantai *komposit* yang menggunakan *dek baja*, suatu penampang beton solid sebagai akibat dari penghentian *dek* pada setiap sisi gelagar.

Concrete-encased beam / Balok terbungkus-beton. *Balok* yang secara keseluruhan terbungkus beton yang dicor menyatu dengan pelat.

Connection[†] / Sambungan[†]. Kombinasi dari elemen-elemen struktur dan *joint* yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya antara dua atau lebih komponen struktur.

Construction documents / Dokumen pelaksanaan. Gambar desain, spesifikasi, gambar kerja dan gambar ereksi.

Cope / Coakan. Pemotongan pada suatu komponen struktur untuk menghilangkan sebuah sayap dan menyesuaikan dengan bentuk dari komponen struktur yang berpotongan.

Cover plate / Pelat penutup. Pelat yang dilas atau dibaut ke sayap dari suatu komponen struktur untuk menambah luas penampang profil, modulus penampang atau momen inersia.

Cross connection / Sambungan silang. Sambungan PSB dimana gaya-gaya pada komponen struktur cabang atau elemen penyambung yang tegak lurus pada komponen struktur utama yang diimbangi oleh gaya-gaya pada komponen struktur cabang lainnya atau elemen penyambung pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur utama.

Design-basis fire / Kebakaran dasar-desain. Sekumpulan kondisi yang mendefinisikan perkembangan suatu kebakaran dan penyebaran produk-produk terbakar pada keseluruhan gedung atau bagiannya.

Design drawings / Gambar desain. Dokumen berupa gambar dan foto yang memperlihatkan desain, lokasi dan dimensi dari pekerjaan. Dokumen-dokumen ini umumnya meliputi denah, elevasi, potongan, detail, skedul, diagram dan catatan-catatan.

Design load[†] / Beban desain[†]. Beban kerja yang ditentukan sesuai dengan kombinasi beban DFBK atau kombinasi beban DKI, mana yang sesuai.

Design strength^{†} / Kekuatan desain^{*†}.* Faktor ketahanan dikalikan dengan kekuatan nominal, ϕR_n

Design wall thickness / Ketebalan dinding desain. Ketebalan dinding PSB yang diasumsikan pada penentuan properti penampang.

Diagonal stiffener / Pengaku diagonal. Pengaku badan pada zona panel kolom dengan orientasi diagonal terhadap sayap, pada satu atau kedua sisi badan.

Diaphragm[†] / Diafragma[†]. Atap, lantai atau membran lainnya atau sistem breising yang menyalurkan gaya dalam bidang ke sistem penahan gaya lateral.

Diaphragm plate / Pelat diafragma. Pelat yang memiliki kekakuan dan kekuatan geser dalam bidang, digunakan untuk menyalurkan gaya ke elemen-elemen pendukung.

Direct analysis method / Metode analisis langsung. Metode desain untuk stabilitas yang memasukkan efek tegangan residu dan ketidaklurusan awal dari portal dengan mengurangi kekakuan dan mempekerjakan beban notional pada analisis orde-kedua.

Direct bond interaction / Interaksi lekat langsung. Dalam sebuah penampang komposit, mekanisme dimana gaya disalurkan antara baja dan beton melalui tegangan lekat.

Distortional failure / Kegagalan distorsi. Keadaan batas dari suatu sambungan rangka batang PSB berdasarkan distorsi dari komponen struktur tali busur PSB dari persegi menjadi jajaran genjang.

Distortional stiffness / Kekakuan distorsi. Kekakuan lentur badan ke luar bidang gambar.

Double curvature / Lengkungan ganda. Perubahan bentuk balok dengan satu atau lebih titik balik sepanjang bentangnya.

Double-concentrated forces / Gaya terpusat-ganda. Dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah yang bekerja tegak lurus pada sayap yang sama, membentuk kopel.

Doubler / Pengganda. Pelat yang ditambahkan pada, dan paralel dengan, suatu badan *balok* atau *kolom* untuk meningkatkan kekuatan pada lokasi gaya-gaya terpusat.

Drift / Simpangan. Defleksi lateral dari struktur.

Effective length / Panjang efektif. Panjang yang identik dengan panjang *kolom* dengan kondisi sendi pada kedua ujungnya.

Effective length factor / Faktor panjang efektif, K . Rasio antara *panjang efektif* dan *panjang tanpa breising* dari komponen struktur.

Effective net area / Luas neto efektif. Luas neto yang dimodifikasi untuk memperhitungkan efek *shear lag*.

Effective section modulus / Modulus penampang efektif. Modulus penampang yang direduksi untuk memperhitungkan tekuk pada elemen-elemen tekan yang langsing.

Effective width / Lebar efektif. Lebar yang direduksi dari pelat atau pelat lantai dengan asumsi distribusi tegangan merata yang menghasilkan efek yang sama dengan perilaku komponen struktur dengan lebar pelat atau pelat lantai aktual yang distribusi tegangannya tidak merata.

Elastic analysis / Analisis elastis. Analisis struktur berdasarkan asumsi bahwa struktur kembali ke geometri awalnya pada saat beban diiadakan.

Elevated temperatures / Peningkatan temperatur. Kondisi pemanasan yang dialami oleh elemen-elemen gedung atau struktur sebagai akibat dari *kebakaran* yang melampaui kondisi ambien yang diperkirakan.

Encased composite member / Komponen struktur komposit terbungkus. Komponen struktur komposit yang terdiri dari suatu komponen beton struktur dan satu atau lebih profil baja di dalamnya.

End panel / Panel ujung. Panel badan dengan panel yang berdekatan hanya pada satu sisi.

End return. Panjang dari *las sudut* yang menerus mengelilingi suatu sudut pada bidang yang sama.

Engineer of record / Insinyur profesional bersertifikat. Profesional yang memiliki izin yang bertanggung jawab untuk mengesahkan *gambar desain* dan *spesifikasi*.

Expansion rocker / Tumpuan ayun untuk pemuaian. Tumpuan dengan permukaan lengkung, dimana suatu komponen struktur bertumpu, yang dapat berayun untuk mengakomodasi pemuaian.

Expansion roller / Tumpuan rol untuk pemuaian. Batang tulangan baja bulat, dimana suatu komponen struktur bertumpu, yang dapat berguling untuk mengakomodasi pemuaian.

Eyebar. Komponen struktur tarik berujung-sendi dengan tebal seragam, yang ditempa atau dipotong dengan menggunakan api dimana bagian kepala lebih lebar dari batang tubuhnya, diproporsikan memberikan kekuatan yang sama baik pada bagian kepala maupun batang tubuh.

Factored load[†] / Beban terfaktor[†]. Hasil kali dari *faktor beban* dan *beban nominal*.

Fastener / Sarana penyambung. Istilah generik untuk baut, paku keling, atau perangkat penyambung lainnya.

Fatigue[†] / Fatik[†]. Keadaan batas dari permulaan retak dan berlanjut sebagai akibat dari penerapan *beban hidup* berulang.

Faying surface / Permukaan lekat. Permukaan kontak dari elemen-elemen *sambungan* yang menyalurkan gaya geser.

Filled composite member / Elemen komposit terisi. Elemen komposit yang terdiri dari suatu cangkang *PSB* diisi beton struktur.

Filler / Pengisi. Pelat yang digunakan untuk menyusun ketebalan satu komponen.

Filler metal / Logam pengisi. Logam atau campuran logam yang ditambahkan pada pembuatan joint yang di las.

Fillet weld / Las sudut. Las yang umumnya berpenampang segi tiga yang dibuat di antara perpotongan permukaan elemen-elemen.

Fillet weld reinforcement / Penguatan las sudut. Las sudut yang ditambahkan pada las tumpul.

Finished surface / Permukaan jadi. Permukaan yang difabrikasi dengan nilai tinggi kekasaran diukur menurut ANSI/ASME B46.1 yang sama dengan atau kurang dari 500.

Fire / Kebakaran. Pembakaran yang bersifat merusak, seperti ditunjukkan oleh salah satu atau semua hal berikut: sinar, kobaran api, panas atau asap.

Fire barrier / Perintang kebakaran. Elemen konstruksi yang dibentuk dari material tahan-api dan teruji sesuai dengan standar uji *ketahanan api* yang disetujui, untuk membuktikan kesesuaiannya dengan *peraturan bangunan yang berlaku*.

Fire resistance / Ketahanan api. Properti rakitan yang mencegah atau memperlambat rambatan panas yang berlebihan, gas panas, atau kobaran api dalam kondisi penggunaannya dan memungkinkannya untuk terus melakukan fungsi yang ditetapkan.

First-order analysis / Analisis orde-pertama. Analisis struktur di mana kondisi keseimbangan diformulasikan pada struktur tak-berdeformasi; efek orde-kedua diabaikan.

Fitted bearing stiffener / Pengaku tumpuan yang dipas. Pengaku yang digunakan pada suatu tumpuan atau *beban terpusat* yang pas dengan kencang melawan satu atau kedua sayap balok sehingga dapat menyalurkan beban melalui tumpuan.

Flare bevel groove weld / Las tumpul terpancung melebar. Las tumpul yang terbentuk dari suatu elemen dengan permukaan lengkung yang bersentuhan dengan elemen datar.

Flare V-groove weld / Las tumpul-V melebar. Las tumpul yang terbentuk oleh dua elemen dengan permukaan lengkung.

Flashover. Transisi ke tingkat keterlibatan permukaan total pada suatu kebakaran dari material mudah terbakar di dalam suatu ruangan tertutup .

Flat width / Lebar datar. Lebar nominal *PSB* persegi dikurangi dua kali jari-jari sudut terluar. Bila jari-jari sudut tidak diketahui, lebar datar dapat diambil sebagai lebar penampang total dikurangi tiga kali ketebalan.

Flexural buckling[†] / Tekuk lentur[†]. Modus *tekuk* di mana komponen struktur tekan melentur secara lateral tanpa puntir atau perubahan bentuk penampang.

Flexural-torsional buckling[†] / Tekuk lentur-puntir[†]. Modus *tekuk* di mana komponen struktur tekan melentur dan memuntir secara bersamaan tanpa perubahan bentuk penampang.

Force / Gaya. Resultan dari distribusi tegangan pada luas yang ditetapkan.

Formed section / Profil yang dibentuk. Lihat *elemen struktur baja canai dingin*.

Formed steel deck / Dek baja lekuk. Pada konstruksi komposit, *baja canai dingin* pada profil dek yang digunakan sebagai cetakan beton permanen.

Fully restrained moment connection / Sambungan momen tertahan penuh. Sambungan yang mampu menyalurkan momen dengan mengabaikan rotasi antara elemen-elemen yang disambung.

Gage. Spasi pusat-ke-pusat tegak lurus sarana penyambung.

Gapped connection / Sambungan bercelah. Sambungan rangka batang *PSB* dengan suatu celah atau ruang pada muka *tali busur* antara perpotongan komponen struktur cabang.

Geometric axis / Sumbu geometri. Sumbu paralel terhadap badan, sayap atau kaki siku.

Girder / Gelagar. Lihat *Balok*.

Girder filler / Pengisi gelagar. Pada sistem lantai komposit yang menggunakan *dek baja lekuk*, potongan tipis dari *lembaran baja* yang digunakan sebagai pengisi antara lembaran dek dan sayap gelagar.

Gouge. Alur atau lubang dengan permukaan yang relatif halus sebagai hasil dari deformasi plastis atau pemindahan material.

Gravity load / Beban gravitasi. Beban yang bekerja dengan arah ke bawah, seperti beban mati dan beban hidup.

Grip (of bolt) / Grip (dari baut). Ketebalan material yang diterobos baut.

Groove weld / Las tumpul. Las pada alur di antara elemen-elemen penyambung. Lihat juga AWS D1.1/D1.1M.

Gusset plate / Pelat buhul. Elemen pelat yang menyambungkan komponen-komponen struktur rangka batang atau suatu batang tarik atau breis ke suatu *balok* atau *kolom*.

Heat flux / Aliran panas. Energi radiasi per satuan luas permukaan.

Heat release rate / Laju pelepasan panas. Laju energi panas yang dihasilkan dari pembakaran material.

High-strength bolt / Baut kekuatan-tinggi. Sarana penyambung yang memenuhi ASTM A325, A325M, A490, A490M, F1852, F2280 atau lainnya seperti yang diizinkan dalam Pasal J3.1.

Horizontal shear / Geser horizontal. Gaya pada bidang pemisah antara permukaan baja dan permukaan beton pada suatu *balok komposit*.

HSS / PSB. Penampang baja struktur berongga berbentuk bujur sangkar, persegi panjang atau bundar yang diproduksi menurut *spesifikasi pipa* atau tabung.

Inelastic analysis / Analisis inelastis. Analisis struktur yang memperhitungkan perilaku material inelastis, termasuk *analisis plastis*.

In-plane instability[†] / Ketidakstabilan bidang[†]. Keadaan batas yang meliputi *tekuk* pada bidang portal atau komponen struktur.

Instability[†]. Ketidakstabilan[†]. Keadaan batas yang dicapai pada pembebanan suatu komponen struktur, portal atau struktur dimana suatu gangguan kecil pada *beban* atau geometri menghasilkan perpindahan yang besar.

Introduction length / Panjang semula. Pada *kolom komposit terbungkus beton*, panjang sepanjang mana gaya kolom diasumsikan disalurkan ke dalam atau ke luar profil baja.

Joint[†]. Luasan di mana dua atau lebih ujung-ujung, permukaan, atau tepi dihubungkan. Dikategorikan oleh tipe *sarana penyambung* atau las yang digunakan dan metode penyaluran gaya.

Joint eccentricity / Eksentrisitas joint. Pada *sambungan rangka batang PSB*, jarak tegak lurus dari pusat gravitasi *komponen struktur tali busur* ke perpotongan dari titik-titik kerja *komponen struktur cabang*.

k-area / Daerah-k. Bagian dari badan yang diperluas dari titik singgung badan dan lengkungan pengisi antara sayap dan badan (AISC dimensi *k*) sebesar 1 ½ in. (38 mm) ke dalam badan di luar dimensi *k*.

K-connection / Sambungan-K. *Sambungan PSB* dimana gaya-gaya dalam *komponen struktur cabang* atau elemen-elemen penghubung yang tegak lurus terhadap *komponen struktur utama*, terutama diseimbangkan dengan gaya-gaya pada komponen struktur cabang lainnya atau elemen-elemen penyambung pada sisi yang sama dari komponen struktur utama.

Lacing / Pelat penghubung. Pelat, baja siku atau profil baja lainnya, dalam suatu konfigurasi kisi-kisi, yang menghubungkan dua profil baja menjadi satu kesatuan.

Lap joint / Buhul Tersusun. *Buhul* antara dua elemen-elemen *sambungan* yang overlapping dalam bidang paralel.

Lateral bracing / Breising lateral. Komponen struktur atau sistem yang didesain untuk mencegah *tekuk lateral* atau *tekuk torsi-lateral* dari komponen-komponen struktur.

Lateral force resisting system / Sistem penahan gaya lateral. Sistem struktur yang didesain untuk menahan beban lateral dan memberi *stabilitas* struktur secara keseluruhan.

Lateral load / Beban lateral. Beban yang bekerja dalam arah lateral, misalnya efek angin atau gempa.

Lateral-torsional buckling[†] / *Tekuk puntir-lateral*[†]. Pola *tekuk* komponen struktur lentur yang melibatkan lendutan di luar bidang lentur yang terjadi serentak dengan puntir di pusat geser penampang.

Leaning column / *Kolom condong*. Kolom yang didesain untuk menahan hanya beban gravitasi, dengan sambungan-sambungan yang tidak dimaksudkan memberi ketahanan terhadap beban lateral.

Length effects / *Efek panjang*. Perhitungan reduksi kekuatan komponen struktur berdasarkan panjang tanpa breising.

Lightweight concrete / *Beton ringan*. Beton struktur dengan kerapatan massa 115 lb/ft³ (1 840 kg/m³) atau lebih kecil, seperti ditentukan oleh ASTM C567.

Limit state[†] / *Keadaan batas*[†]. Kondisi dimana suatu struktur atau komponen menjadi tidak laik dan dinilai tidak lagi berguna sesuai fungsinya (*keadaan batas kemampuan layan*) atau telah mencapai kapasitas ultimit penahan beban (*keadaan batas kekuatan*).

Load[†] / *Beban*[†]. Gaya atau aksi lainnya akibat berat material bangunan gedung, penghuni dan barang-barang miliknya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan atau perubahan dimensi yang tertahan.

Load effect[†] / *Efek beban*[†]. Gaya, tegangan dan deformasi yang dihasilkan di dalam suatu komponen struktur setelah penerapan beban.

Load factor[†] / *Faktor beban*[†]. Faktor yang memperhitungkan deviasi *beban nominal* dari beban aktual, untuk ketidakpastian dalam analisis yang merubah beban menjadi *efek beban* dan untuk probabilitas akan terjadinya lebih dari satu beban ekstrim secara bersamaan.

Local bending^{**†} / *Lentur lokal*^{**†}. Keadaan batas dari deformasi besar pada sayap akibat gaya transversal terpusat.

Local buckling^{**} / *Tekuk lokal*^{**}. Keadaan batas dari *tekuk* elemen tekan di suatu penampang.

Local yielding^{**†} / *Leleh lokal*^{**†}. Leleh yang terjadi di daerah lokal dari sebuah elemen.

LRFD (load and resistance factor design)[†] / *DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)*[†]. Metode yang memproporsikan komponen struktur sedemikian sehingga kekuatan desain sama atau melebihi kekuatan perlu komponen akibat aksi kombinasi beban *DFBK*.

LRFD load combination[†] / *Kombinasi beban DBFK*[†]. Kombinasi beban pada peraturan bangunan gedung yang berlaku dimaksudkan untuk desain kekuatan (*desain faktor beban dan ketahanan*).

Main member / *Komponen struktur utama*. Pada suatu sambungan PSB, komponen struktur tali busur, kolom atau komponen struktur PSB lainnya dimana komponen struktur cabang atau elemen lainnya menempel.

Mechanism / *Mekanisme*. Sistem struktur yang mencakup sejumlah sendi riil, sendi plastis atau keduanya, sehingga dapat bersambung dalam satu atau lebih modus benda kaku.

Mill scale / *Sisik pabrik*. Lapisan permukaan oksida pada baja yang terbentuk melalui proses panas.

Moment connection / Sambungan momen. Sambungan yang menyalurkan momen lentur antara komponen struktur yang disambung.

Moment frame[†] / Portal momen[†]. Sistem portal yang memberikan ketahanan terhadap beban lateral dan memberikan stabilitas sistem struktur, terutama melalui geser dan lentur dari komponen-komponen struktur portal dan sambungan-sambungannya.

Negative flexural strength / Kekuatan lentur negatif. Kekuatan lentur balok komposit di daerah yang permukaan atasnya tertarik akibat lentur.

Net area / Luas neto. Luas bruto yang direduksi untuk memperhitungkan material yang dihilangkan.

Nodal brace / Breis nodal. Breis yang mencegah pergerakan lateral atau puntir secara independen terhadap breis lainnya pada titik-titik breis yang berdekatan (lihat *breis relatif*).

Nominal dimension / Dimensi nominal. Dimensi yang tercantum atau teoretis, pada tabel properti penampang.

Nominal load[†] / Beban nominal[†]. Besaran beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Nominal rib height / Tinggi rib nominal. Tinggi dek baja lekuk diukur dari titik terendah sisi bawah ke titik tertinggi bagian atas.

Nominal strength^{†} / Kekuatan nominal^{*†}.* Kekuatan suatu struktur atau komponen (tanpa faktor ketahanan atau faktor keamanan) untuk menahan efek beban, seperti ditentukan dalam Spesifikasi ini.

Noncompact section / Penampang nonkompak. Penampang yang dapat mengembangkan tegangan leleh dalam elemen tekannya sebelum tekuk lokal terjadi, tetapi tidak dapat mengembangkan kapasitas rotasi sebesar tiga.

Nondestructive testing / Pengujian nondestruktif. Prosedur pemeriksaan tanpa ada material yang rusak dan integritas material atau komponen tidak terpengaruh.

Notch toughness / Kekerasan takik. Energi yang diserap pada suatu temperatur yang ditetapkan seperti yang diukur pada pengujian impak takik-V Charpy.

Notional load / Beban notional. Beban virtual yang dipekerjakan pada suatu analisis struktur untuk memperhitungkan efek destabilisasi yang tidak diperhitungkan dalam ketentuan-ketentuan desain.

Out-of-plane buckling / Tekuk ke luar bidang gambar. Keadaan batas dari balok, kolom atau balok-kolom terkait tekuk lateral atau tekuk puntir-lateral.

Overlapped connection / Sambungan lewatan. Sambungan rangka batang PSB dimana komponen struktur cabang yang berpotongan overlap.

Panel zone / Zona panel. Daerah badan pada sambungan balok-ke-kolom yang dibatasi oleh perpanjangan sayap balok dan kolom yang masuk ke dalam sambungan, yang menyalurkan momen melalui panel geser.

Partial-joint-penetration (PJP) groove weld / Las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS). Las tumpul dimana penetrasi disengaja kurang dari ketebalan total elemen yang disambung.

Partially restrained moment connection / Sambungan momen tertahan sebagian. Sambungan yang mampu menyalurkan momen dengan adanya rotasi yang tidak bisa diabaikan antara komponen struktur yang disambung.

Percent elongation / Persen perpanjangan. Ukuran daktilitas, ditentukan dalam pengujian tarik sebagai perpanjangan maksimum dari panjang gage dibagi dengan panjang semula gage dinyatakan dalam persen.

Pipa / Pipa. Lihat PSB.

Pitch. Spasi memanjang pusat-ke-pusat sarana penyambung. Spasi pusat-ke-pusat dari ulir baut sepanjang sumbu baut.

Plastic analysis / Analisis plastis. Analisis struktur berdasarkan asumsi dari perilaku plastis-kaku, yaitu, keseimbangan struktur terpenuhi dan tegangan di seluruh struktur terjadi pada atau di bawah tegangan leleh.

Plastic hinge / Sendi plastis. Zona leleh penuh yang terbentuk pada komponen struktur saat momen plastis tercapai.

Plastic moment / Momen plastis. Momen tahanan teoretis pada saat penampang leleh penuh.

Plastic stress distribution method / Metode distribusi tegangan plastis. Pada komponen struktur komposit, metode untuk menentukan tegangan-tegangan dengan asumsi bahwa penampang profil baja dan beton pada kondisi plastis penuh.

Plastification / Plastifikasi. Pada sambungan PSB, keadaan batas berdasarkan mekanisme garis leleh lentur ke luar bidang gambar pada tali busur di suatu sambungan komponen struktur cabang.

Plate girder / Gelagar pelat. Balok tersusun.

Plug weld / Las sumbat. Las pada lubang bundar di satu elemen dari suatu buhul yang menyatukan elemen ke elemen lainnya.

Ponding / Genangan. Genangan air akibat lendutan dari atap datar.

Positive flexural strength / Kekuatan lentur positif. Kekuatan lentur balok komposit di daerah yang permukaan atasnya tertekan akibat lentur.

Pretensioned bolt / Baut pra-tarik. Baut yang dikencangkan sampai gaya pra-tarik minimum yang disyaratkan.

Pretensioned joint / Buhul pratarik. Buhul dengan baut kekuatan tinggi yang dikencangkan sampai gaya pra-tarik minimum yang disyaratkan.

Properly developed / Dikembangkan dengan baik. Baja tulangan didetail untuk meleleh secara daktil sebelum terjadinya kehancuran beton. Baja tulangan yang memenuhi ketentuan ACI 318 sampai pada panjang penyaluran, spasi dan selimut beton, dianggap telah dikembangkan dengan baik.

Prying action / Aksi ungkit. Amplifikasi gaya tarik pada suatu baut yang disebabkan oleh pengungkitan di antara titik pembebanan, baut dan reaksi dari elemen-elemen yang disambung.

Punching load / Beban pons. Pada sambungan PSB, komponen dari gaya komponen struktur cabang yang tegak lurus terhadap suatu tali busur.

$P - \delta$ effect / Efek $P - \delta$. Efek dari beban-beban yang bekerja pada komponen struktur yang berdefleksi antara buhul-buhul atau titik-titik nodal.

$P - \Delta$ effect / Efek $P - \Delta$. Efek dari beban yang bekerja pada lokasi buhul atau titik nodal yang berpindah pada suatu struktur. Pada struktur bangunan bertingkat, ini adalah efek dari beban-beban yang bekerja pada lokasi lantai dan atap yang berpindah secara lateral.

Quality assurance / Penjaminan kualitas. Tugas pemantauan dan pengawasan yang dilakukan oleh badan atau perusahaan selain fabrikator atau erektor untuk memastikan bahwa material yang tersedia dan pekerjaan yang dilakukan oleh fabrikator dan erektor memenuhi persyaratan *dokumen konstruksi* dan standar acuan yang disetujui. *Jaminan mutu* mencakup tugas-tugas yang dinyatakan sebagai "pemeriksaan khusus" oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

Quality assurance inspector (QAI) / Pengawas jaminan mutu (PJM). Seseorang yang ditunjuk untuk melakukan pengawasan *jaminan mutu* pada pekerjaan yang sedang berlangsung.

Quality assurance plan (QAP) / Rencana jaminan mutu (RJM). Program di mana suatu badan atau perusahaan yang bertanggungjawab atas *jaminan mutu* menjaga prosedur detail pemantauan dan pengawasan untuk memastikan kesesuaian pekerjaan dengan *dokumen konstruksi* dan standar acuan yang telah disetujui.

Quality control / Pengendalian kualitas. Pengendalian dan pengawasan yang dilakukan oleh fabrikator atau erektor, mana yang sesuai, untuk memastikan bahwa material yang tersedia dan pekerjaan yang dilakukan memenuhi persyaratan dari *dokumen konstruksi* dan standar acuan yang telah disetujui.

Quality control inspector (QCI) / Pengawas pengendali mutu (PPM). Seseorang yang ditunjuk untuk melakukan tugas pengawasan *pengendalian mutu* untuk pekerjaan yang sedang berlangsung.

Quality control program (QCP) / Program pengendalian mutu (PPM). Program di mana fabrikator atau erektor, mana yang sesuai, menjaga prosedur detail dari fabrikasi atau ereksi dan prosedur pengawasan untuk memastikan kesesuaian pekerjaan dengan *gambar desain, spesifikasi* dan standar acuan yang telah disetujui.

Reentrant. Pada *coakan* atau lubang akses las, pemotongan pada perubahan arah mendadak dimana permukaan terekspos adalah cekung.

Relative brace / Breis relatif. Breis yang mengendalikan pergerakan relatif dari dua titik breis yang berdekatan searah panjang *balok* atau *kolom* atau perpindahan lateral relatif dari dua tingkat dalam sebuah portal (lihat *breis nodal*).

Required strength[†] / Kekuatan perlu*[†].* Gaya-gaya, tegangan-tegangan, dan deformasi-deformasi yang bekerja pada *komponen struktur*, yang ditentukan baik oleh *analisis struktur*, untuk *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, yang sesuai, ataupun seperti yang disyaratkan oleh *Spesifikasi* atau standar ini.

Resistance factor ϕ^+ / Faktor ketahanan ϕ^+ . Faktor yang memperhitungkan deviasi *kekuatan nominal* yang tidak dapat dihindari terhadap kekuatan aktual dan demi cara serta konsekuensi kegagalan.

Restrained construction / Konstruksi tertahan. Rakitan lantai dan atap dan setiap *balok-balok* pada bangunan gedung di mana struktur sekeliling atau penyangga mampu menahan pemuaian termal yang besar pada seluruh rentang dari *peningkatan temperatur* yang diantisipasi.

Reverse curvature / Lengkungan terbalik. Lihat *lengkungan ganda*.

Root of joint / Akar buhul. Bagian dari suatu *buhul* yang akan dilas dimana komponen-komponen struktur berdekatan satu terhadap lainnya.

Rotation capacity / Kapasitas rotasi. Peningkatan rotasi sudut yang dapat diterima oleh suatu profil tertentu sebelum terjadi peluruhan beban yang berlebihan, didefinisikan sebagai rasio rotasi inelastis yang dicapai terhadap rotasi elastis ideal pada pelelehan pertama.

Rupture strength[†] / Kekuatan runtuh[†]. Kekuatan yang dibatasi oleh retak atau sobek pada komponen struktur atau elemen-elemen penyambung.

Safety factor Ω^+ / Faktor keamanan Ω^+ . Faktor yang memperhitungkan deviasi kekuatan aktual terhadap *kekuatan nominal*, deviasi *beban* aktual terhadap *beban nominal*, ketidakpastian dalam analisis yang mengubah beban menjadi *efek beban*, dan demi cara dan konsekuensi kegagalan.

Second-order effect / Analisis orde-kedua. Efek dari *beban-beban* yang bekerja pada konfigurasi struktur terdeformasi; mencakup efek $P-\delta$ dan efek $P-\Delta$.

Seismic response modification factor / Faktor modifikasi respons seismik. Faktor yang mereduksi efek *beban gempa* pada level kekuatan.

Service load[†] / Beban layan[†]. Beban di mana *keadaan batas kemampuan layan* dievaluasi.

Service load combination / Kombinasi beban layan. Kombinasi beban dimana *keadaan batas kemampuan layan* dievaluasi.

Serviceability limit state / Keadaan batas kemampuan layan. Pembatasan kondisi yang mempengaruhi kemampuan struktur untuk mempertahankan penampilannya, keterpeliharaan, keawetan atau kenyamanan penghuninya atau fungsi mesin, dalam penggunaan normal.

Shear buckling[†] / Tekuk geser[†]. Modus *tekuk* di mana elemen pelat, misalnya badan dari *balok*, berdeformasi akibat geser murni yang diterapkan pada bidang pelat.

Shear lag. Distribusi tegangan tarik tak-merata pada suatu komponen struktur atau elemen penyambung di sekitar *sambungan*.

Shear wall[†] / Dinding geser[†]. Dinding yang memberi ketahanan terhadap *beban lateral* pada bidang dinding dan memberi *stabilitas* bagi *sistem struktur*.

Shear yielding (punching) / Leleh geser (pons). Pada sambungan PSB, keadaan batas berdasarkan kekuatan geser ke luar bidang gambar dari dinding tali busur dimana komponen-komponen struktur cabang dihubungkan.

Sheet steel / Baja lembaran. Pada sistem lantai komposit, baja yang digunakan untuk pelat penutup atau pengguntingan aneka macam pada dek baja lekuk.

Shim / Baji. Lapisan tipis material yang digunakan untuk mengisi ruang antara permukaan yang dilekatkan atau permukaan tumpuan.

Sidesway buckling (frame) / Tekuk sidesway (portal). Keadaan batas stabilitas yang melibatkan ketidakstabilan sidesway lateral dari portal.

Simple connection / Sambungan sederhana. Sambungan yang menyalurkan momen lentur yang diabaikan di antara komponen-komponen struktur yang disambung.

Single-concentrated force / Gaya terpusat-tunggal. Gaya tarik atau tekan yang diterapkan tegak lurus sayap komponen struktur.

Single curvature / Lengkungan tunggal. Garis elastis deformasi balok yang tidak memiliki titik balik di dalam bentang.

Slender-element section / Profil elemen-langsing. Penampang melintang yang memiliki komponen-komponen pelat langsing yang memadai sehingga tekuk lokal pada rentang elastis dapat terjadi.

Slip. Pada sambungan baut, keadaan batas pergerakan relatif dari bagian-bagian yang tersambung sebelum kekuatan yang tersedia dari sambungan tercapai.

Slip-critical connection / Sambungan kritis-slip. Sambungan baut yang didesain untuk menahan pergerakan melalui friksi pada permukaan lekat dari sambungan akibat gaya penjepit dari baut.

Slot weld / Las slot. Las yang dimasukkan pada suatu lubang diperpanjang yang menyatukan elemen ke elemen lainnya.

Snug-tightened joint / Buhul dikencangkan rapat. Buhul dengan lapisan-lapisan yang tersambung secara bersentuhan rapat seperti disyaratkan pada Bab J.

Specifications / Spesifikasi. Dokumen tertulis berisi persyaratan material, standar dan pelaksanaan pekerjaan.

Specified minimum tensile strength / Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan. Batas terendah kekuatan tarik yang disyaratkan untuk material seperti didefinisikan oleh ASTM.

Specified minimum yield stress[†] / Tegangan leleh minimum yang disyaratkan[†]. Batas terendah tegangan leleh yang disyaratkan untuk material seperti didefinisikan oleh ASTM.

Splice. Sambungan di antara dua elemen struktur yang disatukan pada ujung-ujungnya untuk membentuk suatu elemen tunggal, yang lebih panjang.

Stability / Stabilitas. Kondisi yang dicapai pada pembebanan suatu komponen struktur, portal atau struktur dimana gangguan kecil pada beban atau geometri tidak menghasilkan perpindahan yang besar.

Statically loaded / Pembebanan statis. Tidak menahan tegangan-tegangan fatik yang berarti. Beban gravitasi, angin dan seismik diperhitungkan sebagai beban statis.

Steel anchor / Angkur baja. Paku berkepala atau kanal canai panas di las pada komponen struktur baja dan menyatu di dalam beton dari *komponen struktur komposit* untuk menyalurkan geser, tarik atau kombinasi geser dan tarik pada bidang pemisah dari dua material.

Stiffened element / Elemen diperkaku. Elemen tekan datar dengan elemen ke luar bidang gambar yang berdekatan sepanjang kedua tepi paralel terhadap arah beban.

Stiffener / Pengaku. Elemen struktur, biasanya suatu siku atau pelat, ditempelkan pada suatu *komponen struktur* untuk mendistribusikan *beban*, menyalurkan geser atau mencegah tekuk.

Stiffness / Kekakuan. Ketahanan terhadap deformasi suatu komponen struktur atau struktur, diukur dengan rasio gaya yang diterapkan (atau momen) terhadap perpindahan yang sesuai (atau rotasi).

Strain compatibility method / Metode kompatibilitas regangan. Metode untuk penentuan tegangan-tegangan dalam komponen struktur komposit dengan memperhitungkan hubungan regangan-tegangan dari setiap material dan lokasinya dengan memperhatikan sumbu netral penampang melintang.

Strength limit state / Keadaan batas kekuatan. Kondisi batas dimana maksimum kekuatan struktur atau komponene-komponennya telah tercapai.

Stress / Tegangan. Gaya per satuan luas yang disebabkan oleh gaya aksial, momen, geser atau torsi.

Stress concentration / Pemusatan tegangan. Tegangan lokal yang jauh lebih tinggi dari rata-rata akibat perubahan geometri yang mendadak atau pembebanan lokal.

Strong axis / Sumbu kuat. Sumbu utama major titik berat pada suatu penampang melintang.

Structural analysis[†] / Analisis struktur[†]. Penentuan efek beban pada komponen struktur dan sambungan berdasarkan prinsip mekanika struktur.

Structural component[†] / Komponen struktur[†]. Komponen struktur, konektor, elemen atau rakitan penyambung.

Structural steel / Baja struktural. Elemen baja seperti didefinisikan dalam Pasal 2.1 AISC *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*.

Structural system / Sistem struktur. Suatu rakitan komponen-komponen penahan beban yang disambung bersama untuk memberikan interaksi atau saling ketergantungan.

T-connection / Sambungan-T. Sambungan PSB dimana *komponen struktur cabang* atau elemen penyambung tegak lurus terhadap *komponen struktur utama* dan dimana gaya-gaya tegak lurus terhadap komponen struktur utama terutama diseimbangkan oleh geser pada komponen struktur utama.

Tensile strength (of material)[†] / Kekuatan tarik (dari material)[†]. Tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh material seperti didefinisikan oleh ASTM.

Tensile strength (of member) / Kekuatan tarik (dari komponen struktur). Gaya tarik maksimum komponen struktur yang mampu ditahan.

Tension and shear rupture / Keruntuhan tarik dan geser. Pada baut atau sarana penyambung mekanis lain, keadaan batas keruntuhan akibat gaya tarik dan geser yang terjadi secara serentak.

Tension field action / Aksi lapangan tarik. Perilaku panel akibat geser dimana gaya-gaya tarik diagonal terjadi pada badan dan gaya-gaya tekan terjadi pada *pengaku-pengaku* transversal dengan cara yang mirip dengan rangka batang Pratt.

Thermally cut / Pemotongan panas. Pemotongan dengan gas, plasma atau laser.

Tie plate / Pelat pengikat. Elemen pelat yang digunakan untuk menyatukan dua komponen paralel suatu *kolom tersusun*, gelagar atau batang tarik yang secara kaku disambungkan ke komponen-komponen paralel dan didesain untuk menyalurkan geser di antaranya.

Toe of fillet / Ujung las sudut. Perpotongan muka las sudut dengan logam dasar. Titik singgung dari suatu las sudut yang berbentuk bulat.

Torsional bracing / Breising puntir. Breising yang menahan puntir dari *balok* atau *kolom*.

Torsional buckling[†] / Tekuk puntir[†]. Modus tekuk dimana puntir komponen struktur tekan terjadi mengelilingi sumbu pusat gesernya.

Transverse reinforcement / Tulangan transversal. Dalam *kolom komposit terbungkus beton*, tulangan baja dalam bentuk sengkang tertutup atau kawat lasan pabrik yang memberi pengekanan untuk beton yang melingkupi profil baja.

Transverse stiffener / Pengaku transversal. Pengaku badan dalam arah tegak lurus sayap, diikatkan ke badan.

Tubing / Perpipa. Lihat PSB.

Turn-of-nut method / Metode putar baut. Prosedur dimana pra-tarik yang disyaratkan pada baut kekuatan-tinggi dikontrol dengan memutar komponen sarana penyambung dengan suatu jumlah yang telah ditentukan sebelumnya sesudah baut tersebut dikencangkan dengan rapat.

Unbraced length / Panjang tanpa breising. Jarak antara titik-titik terbreis dari komponen struktur, yang diukur antara pusat-pusat gravitasi komponen-komponen struktur breising.

Uneven load distribution / Distribusi beban tidak-merata. Pada sambungan PSB, kondisi di mana beban melalui penampang melintang dari elemen yang disambungkan tidak didistribusikan dengan cara yang dapat ditentukan segera.

Unframed end / Ujung tidak merangka. Ujung dari suatu komponen struktur yang tidak ditahan terhadap rotasi dengan pengaku atau elemen sambungan.

Unrestrained construction / Konstruksi tidak dikekang. Rakitan lantai dan atap dan setiap *balok* dalam bangunan gedung yang diasumsikan bebas berputar dan berkembang di sepanjang rentang *temperatur yang meningkat* yang diantisipasi.

Unstiffened element / Elemen tidak diperkaku. Elemen tekan datar dengan elemen ke luar bidang gambar yang berdekatan sepanjang satu tepi paralel dengan arah beban.

Weak axis / Sumbu lemah. Sumbu utama minor dari titik pusat penampang melintang.

Weathering steel / Pelapukan baja. Baja kekuatan-tinggi dengan sedikit campuran logam lain, dengan pencegahan yang sesuai, dapat digunakan dalam lingkungan atmosfer normal (bukan laut) tanpa proteksi pelapis cat.

Web crippling[†] / Lipat pada badan[†]. Keadaan batas kegagalan lokal dari pelat badan di daerah sangat dekat dengan beban terpusat atau reaksi.

Web sidesway buckling / Tekuk pada badan akibat goyangan. Keadaan batas tekuk lateral dari sayap tarik yang berlawanan lokasi dengan suatu gaya tekan terpusat.

Weld metal / Logam las. Bagian dari campuran las yang telah benar-benar mencair selama pengelasan. Logam las memiliki elemen logam pengisi dan logam dasar yang dicairkan dalam siklus termal las.

Weld root / Akar las . Lihat *akar joint*.

Y-connection / Sambungan-Y. Sambungan PSB di mana komponen struktur cabang atau elemen penyambung tidak tegak lurus terhadap komponen struktur utama dan di mana gaya tegak lurus terhadap komponen struktur utama terutama diseimbangkan oleh geser dalam komponen struktur utama.

Yield moment[†] / Momen leleh[†]. Pada komponen struktur yang menahan lentur, momen di mana serat terluar ekstrim pertama kali mencapai *tegangan leleh*.

Yield point[†] / Titik leleh[†]. Tegangan pertama pada suatu material di mana peningkatan dalam regangan terjadi tanpa peningkatan tegangan seperti didefinisikan oleh ASTM.

Yield strength[†] / Kekuatan leleh[†]. Tegangan dimana material memperlihatkan deviasi pembatasan yang disyaratkan terhadap proporsionalitas tegangan terhadap regangan seperti didefinisikan oleh ASTM.

Yield stress[†] / Tegangan leleh[†]. Istilah generik yang menunjukkan *titik leleh* atau *kekuatan leleh*, mana yang sesuai, untuk material.

Yielding[†] / Leleh[†]. Keadaan batas dari deformasi inelastis yang terjadi sesudah *tegangan leleh* tercapai.

Yielding (plastic momen)[†] / Leleh (momen plastis)[†]. Leleh pada seluruh penampang melintang dari komponen struktur pada saat momen lentur mencapai *momen plastis*.

Yielding (yield moment)[†] / Leleh (momen leleh)[†]. Leleh pada serat terluar penampang melintang komponen struktur pada saat momen lentur mencapai *momen leleh*.

Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural

BAB A KETENTUAN UMUM

Bab ini menyatakan ruang lingkup Spesifikasi, mengikhtisarkan *spesifikasi*, peraturan, dan standar yang diacu, serta memberi persyaratan untuk material dan dokumen desain struktur.

Bab ini diatur sebagai berikut.

- A1. Ruang Lingkup
- A2. Spesifikasi, Peraturan, dan Standar Acuan
- A3. Material
- A4. Gambar Desain Struktural dan Spesifikasi

A1. RUANG LINGKUP

Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729.1), selanjutnya disebut sebagai Spesifikasi, harus digunakan untuk mendesain sistem *baja struktural* atau sistem dengan baja struktural yang bekerja secara komposit dengan beton bertulang, dimana elemen baja didefinisikan pada *AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*, Pasal 2.1., yang selanjutnya disebut *Code of Standard Practice*.

Spesifikasi ini mencakup Simbol, Daftar Istilah, Bab A sampai dengan Bab N, dan Lampiran 1 sampai dengan 8. Penjelasan dan Catatan yang disisipkan pada semua bagian adalah bukan merupakan bagian dari Spesifikasi.

Catatan: Catatan dimaksudkan untuk memberi ringkasan dan panduan praktis dalam penerapan ketentuan tersebut.

Spesifikasi ini memberikan kriteria untuk desain, fabrikasi dan ereksi bangunan gedung baja struktural dan struktur lainnya, dimana struktur lainnya didefinisikan sebagai struktur yang didesain, dipabrikasi, dan diereksi dalam cara yang sama pada bangunan gedung, dengan bangunan gedung-seperti elemen penahan beban vertikal dan elemen penahan *beban lateral*.

Bilamana Spesifikasi ini mengacu pada *peraturan bangunan umum yang berlaku* dan tidak ada, *beban*, kombinasi beban, pembatasan sistem, dan persyaratan desain umum harus sesuai yang ada dalam SEI/ASCE 7.

Bila kondisi tidak dicakup oleh Spesifikasi, desain diizinkan berdasarkan pengujian atau analisis, tergantung persetujuan dari *pihak yang berwenang*.

Metode alternatif analisis dan desain boleh digunakan, asalkan metode tersebut bisa diterima oleh pihak yang berwenang.

Catatan: Untuk perancangan komponen struktur, selain dari profil struktur berongga (PSB), yang merupakan canai dingin, dengan ketebalan tidak lebih dari 1 in. (25 mm), maka direkomendasikan menggunakan ketentuan *AISI North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*.

1. Aplikasi Seismik

Ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja (ANSI/AISC 341) harus diterapkan pada perancangan sistem penahan gaya seismik dari baja struktural atau baja struktural yang bekerja secara komposit dengan beton bertulang, kecuali secara khusus diatur lain oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Catatan: SEI/ASCE 7 (Tabel 12.2-1, Bagian H) secara khusus mengecualikan sistem baja struktural, tetapi tidak untuk sistem *komposit*, dalam kategori desain seismik B dan C jika mereka dirancang sesuai dengan *Spesifikasi* dan *beban* seismik dihitung menggunakan suatu *faktor modifikasi respons seismik*, **R**, sebesar 3. Untuk kategori desain seismik A, SEI/ASCE 7 mensyaratkan gaya lateral yang digunakan sebagai beban dan efek seismik, tetapi perhitungan ini tidak memerlukan penggunaan suatu faktor **R**. Oleh karena itu untuk kategori desain seismik A tidak perlu mendefinisikan sistem penahan gaya seismik yang memenuhi setiap persyaratan khusus dan *Ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja* tidak perlu diterapkan.

Ketentuan Lampiran 1 dari Spesifikasi ini tidak berlaku untuk desain seismik dari bangunan gedung dan struktur lainnya.

2. Aplikasi Nuklir

Perancangan, pabrikasi dan ereksi struktur nuklir harus sesuai dengan persyaratan *Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities* (ANSI/AISC N690), selain ketentuan Spesifikasi ini.

A2. ACUAN

Spesifikasi, peraturan dan standar berikut yang diacu pada standar ini adalah:

ACI Internasional (ACI)

ACI 318-08 *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*

ACI 318M-08 *Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*

ACI 349-06 *Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary*

American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC)

AISC 303-10 *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*

ANSI/AISC 341-10 *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*

ANSI/AISC N690-06 *Specification Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities*

American Society of Civil Engineers (ASCE)

ASCE/Sei 7-10 *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*

ASCE/SEI/SFPE 29-05 *Standard Calculation Methods for Structural Fire Protection*

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

ASME B18.2.6-06 *Fasteners for Use in Structural Applications*

ASME B46.1-02 *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness, and Lay*
American Society for Nondestructive Testing (ASNT)

ANSI/ASNT CP-189-2006 *Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*

Recommended Practice No. SNT-Tc-1A-2006 *Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing*

ASTM International

A6/A6M-09 *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, plates, Shapes, and Sheet Piling*

A36/A36M-08 *Standard Specification for Carbon Structural Steel*

A53/A53M-07 *Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-coated, Welded and Seamless*

A193/A193M-08b *Standard Specification for Alloy Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High Temperature or High pressure Service and Other Special Purpose Applications*

A194/A194M-09 *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both*

A216/A216M-08 *Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High Temperature Service*

A242/A242M-04(2009) *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel*

A283/A283M-03(2007) *Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates*

A307-07b *Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength*

A325-09 *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*

A325M-09 *Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joint (Metric)*

A354-07a *Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners*

A370-09 *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*

A449-07b *Standard Specification for Hex Cap Screws, Bolts and Studs, Steel, Heat Treated, 120/105/90 ksi Minimum Tensile Strength, General Use*

- A490-08b *Standard Specification for Heat-Treated Steel Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength*
- A490M-08 *Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints (Metric)*
- A500/A500M-07 *Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and shapes*
- A501-07 *Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing*
- A502-03 *Standard Specification for Steel Structural Rivets, Steel, Structural*
- A514/A514M-05 *Standard Specification for High-Yield Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding*
- A529/A529M-05 *Standard Specification for High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality*
- A563-07a *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts*
- A563M-07 *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]*
- A568/A568M-09 *Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for*
- A572/A572M-07 *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel*
- A588/A588M-05 *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance*
- A606/A606M-09 *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance*
- A618/A618M-04 *Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing*
- A668/A668M-04 *Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use*
- A673/A673M-04 *Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel*
- A709/A709M-09 *Standard Specification for Structural Steel for Bridges*
- A751-08 *Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products*
- A847/A847M-05 *Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless High-Strength, Low-Alloy Structural Tubing with Improved Atmospheric Corrosion Resistance*

A852/A852M-03(2007) *Standard Specification for Quenched and Tempered Low-Alloy Structural Steel Plate with 70 ksi [485 MPa] Minimum Yield Strength to 4 in. [100 mm] Thick*

A913/A913M-07 *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by Quenching and Self-Tempering Process (QST)*

A992/A992M-06a *Standard Specification for Structural Steel Shapes*

Catatan: ASTM A992 adalah spesifikasi untuk profil-W yang biasanya paling banyak dijadikan acuan.

A1011/A1011M-09a *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Allow with Improved Formability, and Ultra-High Strength*

A1043/A1043M-05 *Standard Specification for Structural Steel with Low Yield to Tensile Ratio for Use in Buildings*

C567-05a *Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete*

E119-08a *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*

E165-02 *Standard Test Methods for Liquid Penetrant Examination*

E709-08 *Standard Guide for Magnetic Particle Examination*

F436-09 *Standard Specification for Hardened Steel Washers*

F436M-09 *Standard Specification for Hardened Steel Washers (Metric)*

F606-07 *Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washer, Direct Tension Indicators, and Rivets*

F606M-07 *Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washer, and Rivets (Metric)*

F844-07a *Standard Specification for Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use*

F959-09 *Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners*

F959M-07 *Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners (Metric)*

F1554-99 *Standard Specification for Anchor Bolts, Steel, 36, 55, and 105 ksi Yield Strength*

Catatan: ASTM F1554 adalah spesifikasi untuk batang angkur yang paling banyak dijadikan acuan. Mutu dan kondisi pengelasan harus disyaratkan.

F1852-08 *Standard Specification for "Twist-Off" Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washers Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*

F2280-08 *Standard Specification for "Twist-Off" Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washers Assemblies, Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength*

American Welding Society (AWS)

AWS A5.1/A5.1M-2004 *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*

AWS A5.5/A5.5M-2004 *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*

AWS A5.17/A5.17M-1997 *Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding*

AWS A5.18/A5.18M-2005 *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*

AWS A5.20/A5.20M-2005 *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*

AWS A5.23/A5.23M-2007 *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding*

AWS A5.25/A5.25M-1997 (R2009) *Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding*

AWS A5.26/A5.26M-1997 *Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding*

AWS A5.28/A5.28M-2005 *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*

AWS A5.29/A5.29M-2005 *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*

AWS A5.32/A5.32M-1997 (R2007) *Specification for Welding Shielding Gases*

AWS B5.1-2003 *Specification for the Qualification of Welding Inspectors*

AWS D1.1/D1.1M-2010 *Structural Welding Code-Steel*

AWS D1.3-2008 *Structural Welding Code-Sheet Steel*

Research Council on Structural Connections (RCSC)

Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts, 2009

A3. MATERIAL

1. Material Baja Struktural

Laporan uji material atau laporan uji yang dibuat oleh pabrikator atau laboratorium pengujian harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan salah satu standar ASTM yang tercantum di Pasal A3.1a. Untuk profil struktur canai-panas, pelat, dan batang tulangan, pengujian tersebut harus dilakukan sesuai dengan ASTM A6/A6M; untuk lembaran, pengujian tersebut harus dilakukan sesuai dengan ASTM A568/A568M; untuk *penampang tabung* dan *pipa*, pengujian tersebut harus dilakukan sesuai dengan persyaratan standar ASTM yang berlaku yang tertera di atas untuk bentuk-bentuk produk tersebut.

1a. Acuan ke ASTM

Material *baja struktural* yang sesuai dengan satu dari spesifikasi ASTM berikut yang disetujui untuk digunakan dalam Spesifikasi ini:

(1) Profil struktur canai panas

ASTM A36/A36M
ASTM A529/A529M
ASTM A572/A572M
ASTM A588/A588M

ASTM A709/A709M
ASTM A913/A913M
ASTM A992/A992M
ASTM A1043/A1043M

(2) Tabung struktur

ASTM A500
ASTM A501

ASTM A618/ASTM618M
ASTM A847/A847M

(3) Pipa

ASTM A53/A53M, Gr. B

(4) Pelat

ASTM A36/A36M
ASTM A242/A242M
ASTM A283/A283M
ASTM A514/A514M
ASTM A529/A529M
ASTM A572/A572M

ASTM A588/A588M
ASTM A709/A709M
ASTM A852/A852M
ASTM A1011/A1011M
ASTM A1043/A1043M

(5) Batang tulangan

ASTM A36/A36M
ASTM A529/A529M

ASTM A572/A572M
ASTM A709/A709M

(6) Lembaran baja

ASTM A606/A606M
ASTM A1011/A1011M SS, HSLAS, dan HSLAS-F

1b. Baja Tidak Teridentifikasi

Baja yang tidak teridentifikasi, bebas dari cacat yang merugikan, hanya boleh digunakan untuk komponen struktur atau detail dimana kerusakan tidak akan mereduksi kekuatan struktur, baik secara setempat atau keseluruhan. Penggunaan tersebut harus disetujui *Insinyur profesional bersertifikat*.

Catatan: Baja yang tidak teridentifikasi boleh digunakan untuk detail-detail dimana properti mekanis yang tepat dan kemampuan untuk dilas dapat diabaikan. Hal ini umumnya untuk mengontrol pelat pinggir (*curb*), *ganjal*, dan potongan yang serupa lainnya.

1c. Profil Besar Baja Canai Panas

ASTM A6/A6M profil canai-panas dengan ketebalan sayap melebihi 2 in. (50 mm) dipertimbangkan sebagai profil besar canai panas. Profil besar canai panas yang digunakan sebagai komponen struktur menahan gaya tarik primer (yang terhitung) akibat tarik atau lentur dan spliced atau disambung menggunakan *las tumpul penetrasi joint lengkap* yang menyatu melalui ketebalan sayap atau sayap dan badan, harus disyaratkan sebagai berikut. Dokumen desain struktural harus mensyaratkan bahwa bentuk-bentuk tersebut dipasang dengan *uji impak kekerasan takik-V (CVN)* dengan hasil uji sesuai dengan ASTM A6/A6M, Supplementary Requirement S30, *Charpy V-Notch Impact Test for Structural Shapes – Alternate Core Location*. Pengujian impak harus memenuhi nilai rata-rata minimum 20 ft-lbs (27 J) energi yang terserap pada temperatur maksimum + 70 °F (+ 21 °C).

Persyaratan di atas tidak boleh diterapkan pada *splice* dan *sambungan* baut. Bila profil besar canai panas dilas ke permukaan dari profil lainnya menggunakan las tumpul, persyaratan di atas hanya diterapkan pada profil yang memiliki logam las terhubung melalui penampang melintang.

Catatan: Persyaratan tambahan untuk joint pada komponen struktur besar canai panas dijelaskan dalam Pasal J1.5, J1.6, J2.6, dan M2.2.

1d. Profil Besar Tersusun

Penampang melintang tersusun yang terdiri dari pelat dengan ketebalan melebihi 2 in. (50 mm), digunakan sebagai komponen struktur menahan gaya tarik primer (yang dihitung) akibat tarik atau lentur dan spliced atau disambungkan ke komponen struktur lain dengan menggunakan *las tumpul penetrasi joint lengkap* yang menyatukan ketebalan pelat, harus disyaratkan sebagai berikut. Dokumen kontrak harus mensyaratkan bahwa baja yang dipasang dengan hasil *pengujian impak Takik - Charpy V* sesuai dengan ASTM A6/A6M, Persyaratan Tambahan S5, *Pengujian Impak Takik-Charpy V*. Pengujian impak harus dilakukan sesuai dengan ASTM A673/A673M, Frekuensi P, dan harus memenuhi nilai rata-rata minimum sebesar 20 ft-lbs (27 J) energi diserap pada temperatur maksimum + 70 °F (+ 21 °C).

Bila profil besar tersusun yang dilas pada muka komponen struktur lainnya yang menggunakan las tumpul, persyaratan di atas hanya diterapkan pada profil yang memiliki *logam las* tersambung melalui penampang melintang.

Catatan: Persyaratan tambahan untuk joint pada *komponen struktur tersusun* besar yang dijelaskan pada Pasal J1.5, J1.6, J2.6, dan M2.2.

2. Penuangan dan Penempaan Baja

Baja cor harus sesuai dengan ASTM A216/A216M, Gr. WCB dengan Persyaratan Tambahan S11. Penempaan baja harus sesuai dengan ASTM A668/A668M. Laporan pengujian yang dibuat sesuai dengan standar acuan di atas harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan standar tersebut.

3. Baut, Ring dan Mur

Material baut, ring, dan mur yang sesuai dengan satu dari *spesifikasi* ASTM berikut yang disetujui untuk penggunaan dalam Spesifikasi ini:

(1) Baut:

ASTM A307
ASTM A325
ASTM A325M
ASTM A354
ASTM A449

ASTM A490
ASTM A490M
ASTM F1852
ASTM F2280

(2) Mur:

ASTM A194/A194M
ASTM A563

ASTM A563M

(3) Ring:

ASTM F436
ASTM F436M

ASTM F844

(4) Indikator Tarik Langsung Tipe-Ring-Yang dapat Ditekan

ASTM F959
ASTM F959M

Sertifikat pabrik harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan standar tersebut.

4. Batang Angkur dan Batang Berulir

Material batang angkur dan batang berulir yang sesuai dengan satu dari spesifikasi ASTM berikut yang disetujui untuk digunakan oleh Spesifikasi ini:

ASTM A36/A36M
ASTM A193/A193M
ASTM A354
ASTM A449

ASTM A572/A572M
ASTM A588/A588M
ASTM F1554

Catatan: ASTM F1554 merupakan spesifikasi material yang dipilih untuk batang angkur.

Material A449 dapat diterima untuk batang angkur kekuatan-tinggi dan batang berulir kekuatan tinggi dari setiap diameter.

Bagian berulir pada batang angkur dan batang berulir harus sesuai dengan rangkaian/seri standar terpadu ASME B18.2.6 dan harus memiliki toleransi Kelas 2A.

Sertifikat pabrik harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan standar tersebut.

5. Material Habis Pakai untuk Pengelasan

Logam pengisi dan fluks harus sesuai dengan satu dari spesifikasi yang berikut dari American Welding Society:

AWS A5.1/A5.1M	AWS A5.25/A5.25M
AWS A5.5/A5.5M	AWS A5.26/A5.26M
AWS A5.17/A5.17M	AWS A5.28/A5.28M
AWS A5.18/A5.18M	AWS A5.29/A5.29M
AWS A5.20/A5.20M	AWS A5.32/A5.32M
AWS A5.23/A5.23M	

Sertifikat pabrik harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan standar tersebut. Logam pengisi dan fluks yang sesuai untuk penerapan yang dimaksud harus dipilih.

6. Angkur Paku Berkepala

Angkur *steel headed stud* harus sesuai dengan persyaratan *Baja-Peraturan Pengelasan Struktur* (AWS D1.1/D1.1M).

Sertifikat pabrik harus merupakan bukti yang memadai sesuai dengan AWS D1.1/D1.1M.

A4. GAMBAR DESAIN STRUKTURAL DAN SPESIFIKASI

Gambar desain struktural dan *spesifikasi* harus memenuhi persyaratan dalam *Code of Standard Practice*.

Catatan: Ketentuan dalam Spesifikasi ini berisi informasi yang harus diperlihatkan dalam gambar desain. Ini meliputi:

Pasal A3.1c Profil besar canai panas dimana diperlukan inti alternatif dari *kekerasan takik-V* Charpy (Takik-VC).

Pasal A3.1d Profil besar tersusun di mana kekerasan takik-VC diperlukan.

Pasal J3.1 Lokasi sambungan menggunakan *baut pratarik*.

Informasi lainnya diperlukan oleh fabrikator atau erektor dan harus menunjukkan gambar desain termasuk:

Detail *fatik* yang mensyaratkan *pengujian nondestruktif* (Lampiran 3; contoh, Tabel A3.1, Kasus 5.1 sampai 5.4)

Kategori risiko (Bab N)

Indikasi las penetrasi-joint-lengkap (PJL) yang menahan tarik (Bab N)

BAB B PERSYARATAN DESAIN

Bab ini membahas persyaratan umum untuk analisis dan desain struktur baja yang berlaku di dalam semua bab dari spesifikasi ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- B1. Ketentuan Umum
- B2. Beban dan Kombinasi Beban
- B3. Dasar Desain
- B4. Properti Komponen Struktur
- B5. Fabrikasi dan Ereksi
- B6. Pengendalian Kualitas dan Penjaminan Kualitas
- B7. Evaluasi Struktur yang Sudah Berdiri

B1. KETENTUAN UMUM

Desain dari komponen struktur dan *sambungan* harus konsisten dengan perilaku dimaksud dari sistem portal dan asumsi yang dibuat dalam *analisis struktur*. Kecuali dibatasi oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, ketahanan terhadap *beban lateral* dan *stabilitas* bisa menggunakan setiap kombinasi komponen struktur dan sambungan.

B2. BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN

Beban dan kombinasi beban harus seperti ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*. Bila tidak ada pada peraturan bangunan yang berlaku, beban dan kombinasi beban harus diambil seperti yang ditetapkan dalam *Desain Beban minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya* (ASCE/SEI 7). Untuk tujuan desain, *beban nominal* harus diambil seperti *beban* yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Catatan: Bila menggunakan ASCE/SEI 7, untuk desain berdasarkan Pasal B3.3 (DFBK), kombinasi beban pada ASCE/SEI 7, dapat diterapkan Pasal 2.3. Untuk desain berdasarkan Pasal B3.4 (DKI), kombinasi beban pada ASCE/SEI 7, dapat diterapkan Pasal 2.4.

B3. DASAR DESAIN

Desain harus dibuat sesuai dengan ketentuan *Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)* atau dengan ketentuan untuk *Desain Kekuatan Izin (DKI)*.

1. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu komponen struktur dan *sambungan* harus ditentukan melalui *analisis struktur* untuk kombinasi *beban* yang sesuai Pasal B2.

Desain boleh dilakukan dengan *analisis elastis*, *analisis inelastis* atau *analisis plastis*. Ketentuan untuk analisis inelastis dan plastis ditetapkan pada Lampiran 1, Desain dengan Analisis Inelastis.

2. Keadaan Batas

Desain harus berdasarkan pada prinsip bahwa kekuatan atau keadaan batas kemampuan layan tidak dilampaui saat struktur menahan semua kombinasi *beban* yang sesuai.

Desain untuk persyaratan integritas struktur dari *peraturan bangunan gedung yang berlaku* harus berdasarkan *kekuatan nominal* daripada *kekuatan desain* (DFBK) atau *kekuatan izin* (DKI), kecuali secara khusus dinyatakan lain dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku. Keadaan batas untuk sambungan yang berdasarkan pembatasan deformasi atau *pelelehan* dari komponen sambungan tidak perlu memenuhi persyaratan integritas struktur.

Untuk memenuhi persyaratan integritas struktur dari peraturan bangunan gedung yang berlaku, baut tipe tumpu di sambungan diizinkan memiliki lubang-lubang berslot-pendek paralel terhadap arah beban tarik, dan harus diasumsikan terdapat pada ujung slot tersebut.

3. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk *desain faktor beban dan ketahanan* (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila *kekuatan desain* setiap *komponen struktural* sama atau melebihi *kekuatan perlu* yang ditentukan berdasarkan *kombinasi beban DFBK*. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali untuk Pasal B3.4 ini, harus digunakan.

Desain harus dilakukan sesuai dengan Persamaan B3-1:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (\text{B3-1})$$

Keterangan:

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

R_n = *kekuatan nominal*, disyaratkan dalam Bab B sampai K

ϕ = *faktor ketahanan*, disyaratkan dalam Bab B sampai K

ϕR_n = kekuatan desain

4. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin (DKI)

Desain yang sesuai dengan ketentuan *Desain Kekuatan Izin (DKI)* memenuhi persyaratan Spesifikasi ini bila *kekuatan izin* dari setiap *komponen struktural* sama atau melebihi *kekuatan perlu* yang ditentukan berdasarkan *kombinasi beban DKI*. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali Pasal B3.3, harus digunakan.

Desain harus dilakukan menurut Persamaan B3-2:

$$R_a \leq R_n / \Omega \quad (\text{B3-2})$$

keterangan

R_a = kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI

R_n = *kekuatan nominal*, disyaratkan dalam Bab B sampai K

Ω = *faktor keamanan*, disyaratkan dalam Bab B sampai K

R_n / Ω = kekuatan izin

5. Desain untuk Stabilitas

Stabilitas struktur dan elemen-elemennya harus ditentukan sesuai Bab C.

6. Desain Sambungan

Elemen sambungan harus dirancang sesuai dengan Bab J dan Bab K. Gaya dan deformasi yang digunakan dalam desain harus konsisten dengan kinerja sambungan yang direncanakan tersebut dan asumsi yang digunakan pada *analisis struktur*. Deformasi inelastis yang dibatasi sendiri dari sambungan adalah diizinkan. Di titik penyangga, *balok*, *gelagar* dan rangka batang harus dikekang melawan rotasi pada sumbu longitudinalnya kecuali dapat ditunjukkan dengan analisis bahwa pengekang tidak diperlukan.

Catatan: Pasal 3.1.2 dari *Code of Standard Practice* membahas komunikasi informasi yang diperlukan untuk desain sambungan.

6a. Sambungan Sederhana

Sambungan sederhana mengabaikan adanya momen. Pada analisis struktur, sambungan sederhana dianggap memungkinkan terjadinya rotasi relatif tidak terkekang antara elemen yang tersambung bercabang. Sambungan sederhana harus memiliki *kapasitas rotasi* yang cukup untuk mengakomodasi rotasi perlu yang ditentukan melalui analisis struktur.

6b. Sambungan Momen

Dua tipe sambungan momen, Tertahan Penuh (TP) dan Tertahan Sebagian (TS), boleh digunakan, seperti disyaratkan di bawah ini.

- (a) Sambungan Momen Tertahan Penuh (TP)
Sambungan momen tertahan penuh (TP) menyalurkan momen dengan rotasi yang boleh diabaikan antara komponen struktur yang tersambung. Pada analisis struktur, sambungan ini diasumsikan untuk tidak memungkinkan terjadinya rotasi relatif. Suatu sambungan TP harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara komponen struktur yang tersambung pada *kondisi batas kekuatan*.
- (b) Sambungan Momen Tertahan Sebagian (TS)
Sambungan momen tertahan sebagian (TS) mampu menyalurkan momen, tetapi rotasi antara komponen struktur yang tersambung tidak boleh diabaikan. Pada analisis struktur harus mencakup karakteristik respons gaya-deformasi sambungan. Karakteristik respons sambungan TS harus terdokumentasi dalam literatur teknis atau ditetapkan dengan analisis atau merupakan hasil rata-rata eksperimental. Elemen komponen sambungan TS harus memiliki kekuatan, kekakuan dan kapasitas deformasi yang cukup pada kondisi batas kekuatan.

7. Redistribusi Momen pada Balok

Kekuatan lentur perlu dari *balok* yang terdiri dari *penampang kompak*, seperti didefinisikan Pasal B4.1, dan memenuhi persyaratan *panjang tanpa dibreising* Pasal F13.5 dapat diambil sebagai sembilan-persepuluh dari momen negatif pada titik tumpuan, dihasilkan dari *pembebanan gravitasi* dan melalui *analisis elastis* yang memenuhi persyaratan Bab C, asalkan momen positif maksimum diperbesar sepersepuluh dari rata-rata momen negatif hasil analisis elastis. Reduksi ini tidak

diizinkan untuk momen-momen di komponen struktur dengan F_y melebihi 65 ksi (450 MPa), untuk struktur kantilever, desain yang menggunakan *sambungan momen tertahan sebagian (TS)*, atau untuk desain dengan *analisis inelastis* harus menggunakan ketentuan Lampiran 1. Reduksi ini diizinkan untuk desain sesuai Pasal B3.3 (DFBK) dan untuk desain sesuai Pasal B3.4 (DKI). Kekuatan aksial-perlu tidak boleh melebihi $0,15\phi_c F_y A_g$ untuk DFBS atau $0,15F_y A_g \Omega_c$ untuk DKI di mana ϕ_c dan Ω_c ditentukan dari Pasal E1, dan A_g = luas bruto komponen struktur, in. (mm), dan F_y = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan*, ksi (MPa).

8. Diafragma dan Kolektor

Diafragma dan *kolektor* harus dirancang untuk gaya-gaya yang dihasilkan dari *beban-beban* seperti ditetapkan Pasal B2. Diafragma dan kolektor harus dirancang menurut ketentuan Bab C sampai K, yang sesuai.

9. Desain Kemampuan Layan

Keseluruhan struktur dan setiap komponen struktur dan sambungan harus diperiksa kemampuan layannya. Persyaratan untuk desain kemampuan layan dijelaskan dalam Bab L.

10. Desain Genangan

Sistem atap harus diselidiki melalui *analisis struktur* untuk menjamin kekuatan dan *stabilitas* yang cukup akibat *genangan*, kecuali permukaan atap diberi kemiringan sebesar $\frac{1}{4}$ in. tiap-tiap ft (20 mm tiap-tiap meter) atau lebih besar terhadap titik drainase bebas atau sistem drainase yang cukup disediakan untuk mencegah akumulasi air.

Metode pemeriksaan genangan air hujan dijelaskan dalam Lampiran 2, Desain untuk Genangan.

11. Desain Fatik

Fatik harus diperhitungkan menurut Lampiran 3, Desain untuk Fatik, untuk komponen struktur dan *sambungannya* yang menahan *pembebanan* yang diulang. Fatik tidak perlu diperhitungkan untuk efek seismik atau untuk efek pembebanan angin tegak lurus *sistem penahan beban lateral* bangunan gedung dan komponen selubung bangunan gedung.

12. Desain untuk Kondisi Kebakaran

Dua metode desain untuk kondisi *kebakaran* diberikan dalam Lampiran 4, Desain Struktur untuk Kondisi Kebakaran: melalui Analisis dan melalui pengujian kualifikasi. Kesesuaian dengan persyaratan pencegahan kebakaran pada *peraturan bangunan gedung yang berlaku* harus dipertimbangkan memenuhi persyaratan Pasal ini dan Lampiran 4.

Pasal ini tidak dimaksudkan untuk menciptakan atau menyiratkan persyaratan kontraktual untuk *Insinyur profesional bersertifikat* bertanggung jawab untuk desain struktur atau untuk anggota lainnya dari tim desain.

Catatan: Desain dengan pengujian kualifikasi merupakan metode yang bersifat menentukan yang umumnya disyaratkan dalam peraturan bangunan gedung. Secara tradisional, pada sebagian besar proyek di mana arsitek merupakan profesional utama, arsitek telah menjadi pihak yang bertanggung jawab untuk mensyaratkan dan mengkoordinasikan persyaratan

pencegahan kebakaran. Desain dengan analisis merupakan pendekatan rekayasa baru untuk pencegahan kebakaran. Penunjukkan pihak yang bertanggung jawab untuk merancang terhadap kondisi kebakaran tergantung kontrak pada setiap proyek.

13. Desain untuk Efek Korosi

Bila korosi mengganggu kekuatan atau kemampuan layan struktur, maka *komponen struktural* harus dirancang mampu menghadapi korosi atau harus dilindungi terhadap korosi.

14. Angkur pada Beton

Angkur antara baja dan beton bekerja secara komposit dan harus dirancang sesuai Bab I. Desain dari *dasar kolom* dan batang angkur harus sesuai Bab J.

B4. PROPERTI KOMPONEN STRUKTUR

1. Klasifikasi Penampang untuk Tekuk Lokal

Untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau *penampang elemen-langsing*. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi λ_r , disebut penampang dengan *elemen-langsing*.

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang *kompak*, *nonkompak* atau penampang *elemen-langsing*. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, λ_p , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p , tetapi tidak boleh melebihi λ_r dari Tabel B4.1b, penampang disebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_r , disebut penampang dengan *elemen-langsing*.

1a. Elemen Tidak Diperkaku

Untuk *elemen yang tidak diperkaku* yang didukung sepanjang hanya satu tepi paralel terhadap arah *gaya tekan*, lebar harus diambil sebagai berikut:

- Untuk sayap komponen struktur bentuk-I dan T, lebar ***b*** adalah setengah lebar sayap total, ***b_f***.
- Untuk kaki profil siku dan sayap kanal dan Z, lebar ***b*** adalah *dimensi nominal* total.
- Untuk pelat, lebar, ***b***, adalah jarak dari tepi bebas ke barisan pertama dari *pengencang* atau garis las.
- Untuk badan profil T, ***d*** adalah diambil sebagai tinggi nominal total profil.

Catatan: Mengacu pada Tabel B4.1 untuk penggambaran grafik dimensi elemen tidak diperkaku.

1b. Elemen Diperkaku

Untuk *elemen diperkaku* yang didukung sepanjang dua tepi paralel terhadap arah gaya tekan, lebar harus diambil sebagai berikut:

- (a) Untuk badan profil canai panas atau yang dibentuk, h adalah jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap; h_c adalah dua kali jarak dari pusat gravitasi ke muka bagian dalam sayap tekan dikurangi radius sudut.
- (b) Untuk badan dari profil tersusun, h adalah jarak antara deretan yang berdekatan dari *pengencang* atau jarak bersih antara sayap-sayap bila las digunakan, dan h_c adalah dua kali jarak dari pusat gravitasi ke deretan terdekat dari pengencang pada sayap tekan atau muka bagian dalam dari sayap tekan bila las digunakan. h_p adalah dua kali jarak dari sumbu netral plastis ke deretan terdekat pengencang pada sayap tekan atau muka bagian dalam dari sayap tekan bila las digunakan.
- (c) Untuk sayap atau *pelat diafragma* pada profil tersusun, lebar, b , adalah jarak antara garis yang berdekatan dari pengencang atau deretan las-las.
- (d) Untuk sayap dari profil struktur berongga persegi (PSB), lebar, b , adalah jarak bersih antara badan-badan dikurangi radius sudut bagian dalam pada setiap sisi. Untuk badan PSB persegi, h adalah jarak bersih antara sayap-sayap dikurangi radius sudut bagian dalam pada setiap sisi. Jika radius sudut tidak diketahui, b dan h harus diambil sebagai dimensi terluar yang sesuai dikurangi tiga kali ketebalan. Ketebalan, t , harus diambil sebagai *tebal dinding desain*, di Pasal B4.2.
- (e) Untuk *pelat penutup* berlubang, b adalah jarak transversal antara garis terdekat dari pengencang, dan *luas neto* dari pelat diambil di lubang terlebar.

Catatan: Mengacu pada Tabel B4.1 untuk grafik yang mewakili dimensi elemen diperkaku.

Untuk sayap-sayap yang miring dari profil canai panas, maka tebal sayap yang digunakan adalah tebal rata-rata dari tepi bebas dan dari muka badan yang sesuai.

2. Tebal Dinding Desain PSB

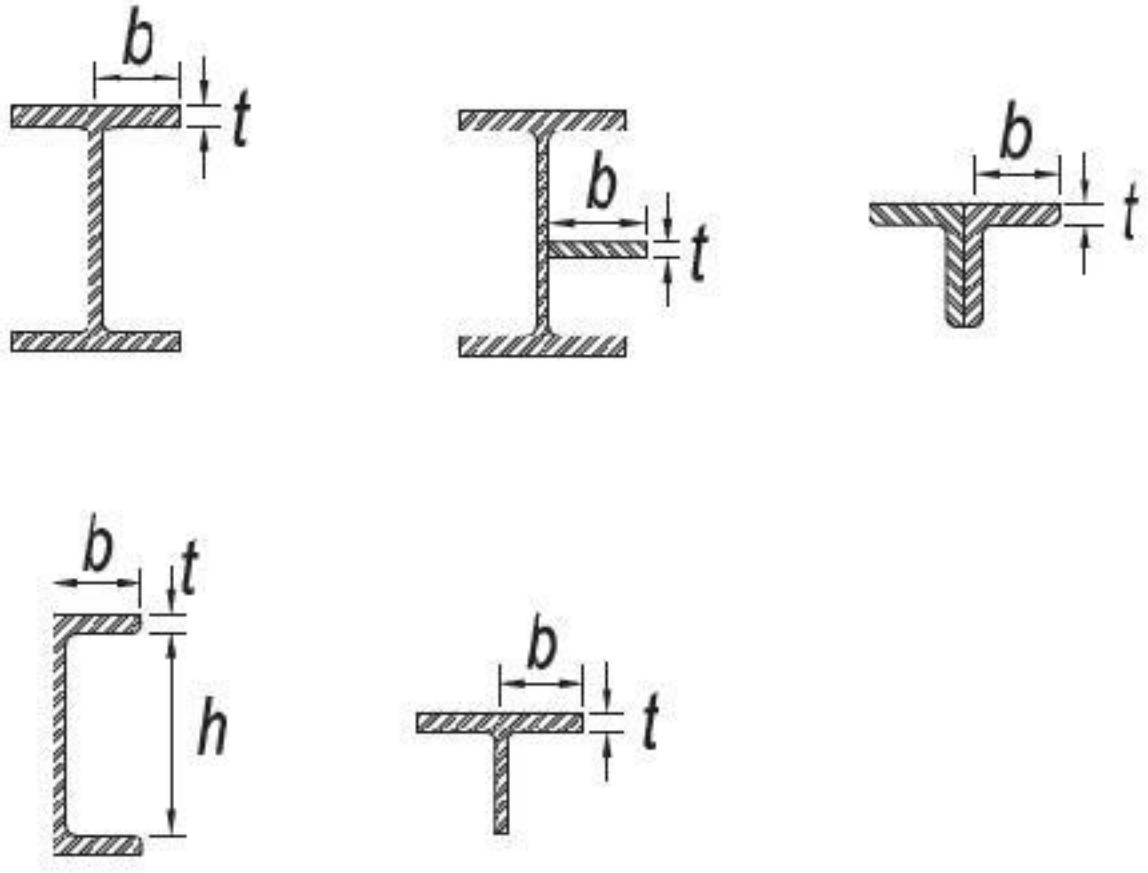
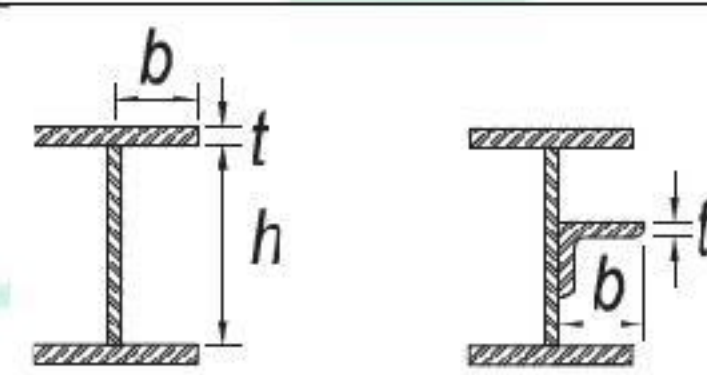
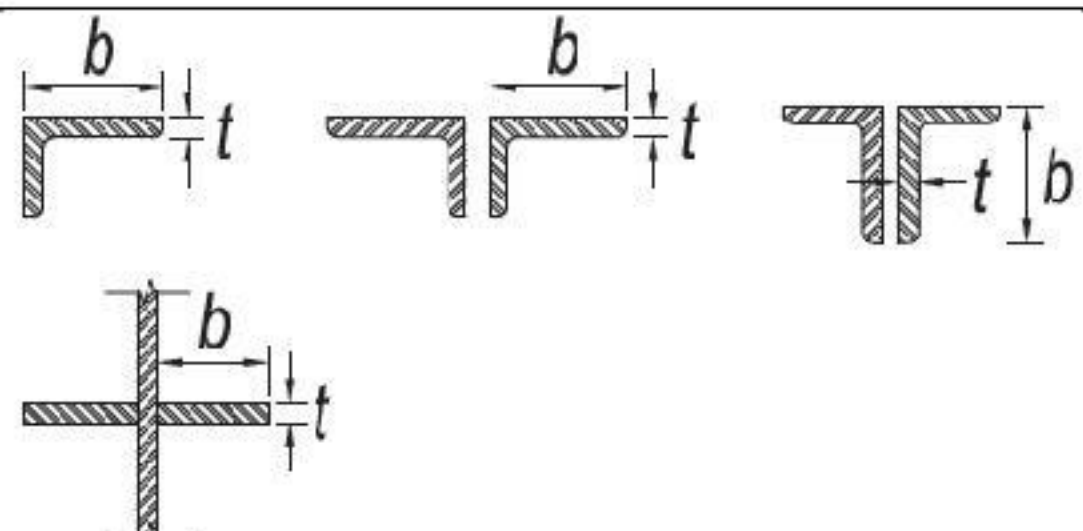
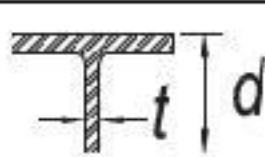
Ketebalan dinding desain, t , harus digunakan dalam perhitungan yang melibatkan ketebalan dinding profil struktur berongga (PSB). Ketebalan dinding desain, t , harus diambil sama dengan 0,93 kali ketebalan dinding nominal untuk PSB *Electric-Resistant-Welded* (ERW) dan sama dengan ketebalan nominal untuk PSB *Submerged-Arc-Welded* (SAW).

Catatan:

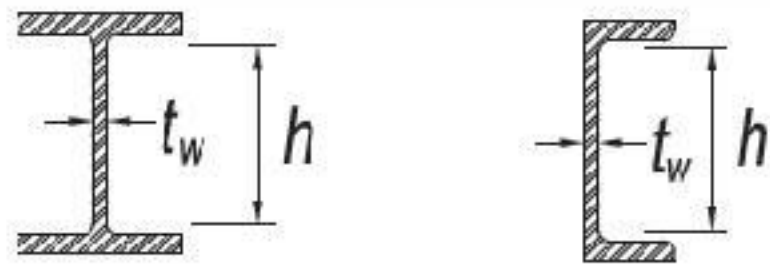
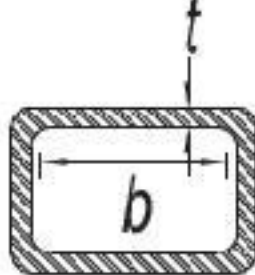
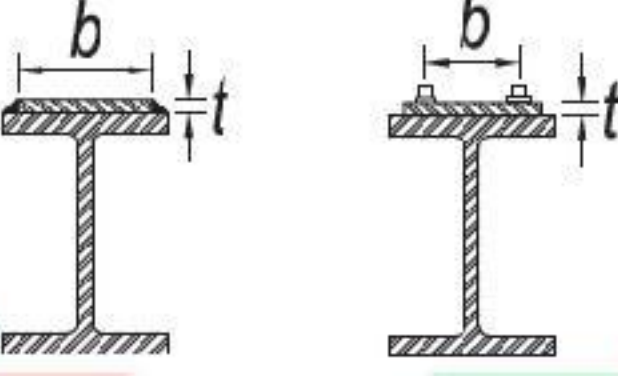
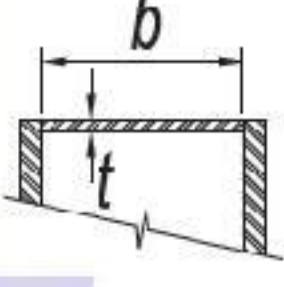
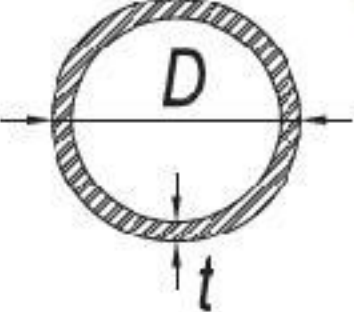
Sebuah *pipa* dapat dirancang menggunakan ketentuan dari Spesifikasi untuk profil PSB bundar selama pipa tersebut sesuai dengan ASTM A53 Kelas B dan pembatasan yang sesuai dari Spesifikasi digunakan.

ASTM A500 PSB dan ASTM A53 pipa Mutu B yang diproduksi melalui proses sebuah ERW. Proses SAW digunakan untuk penampang melintang yang lebih besar dari yang diizinkan oleh ASTM A500.

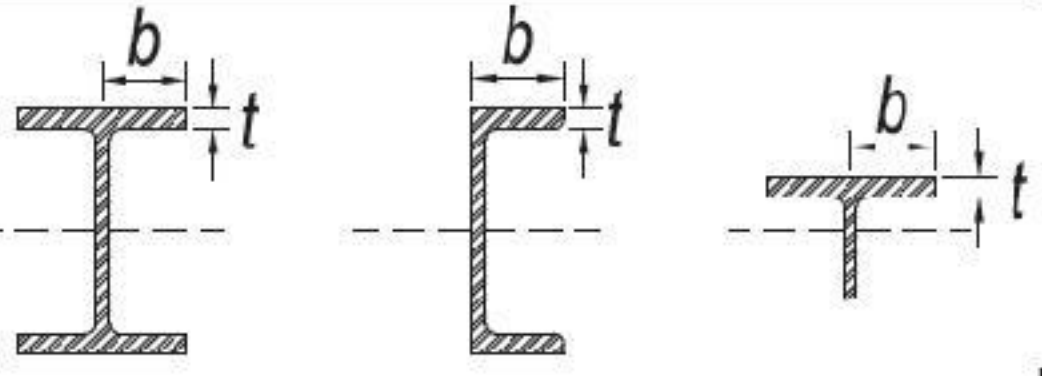
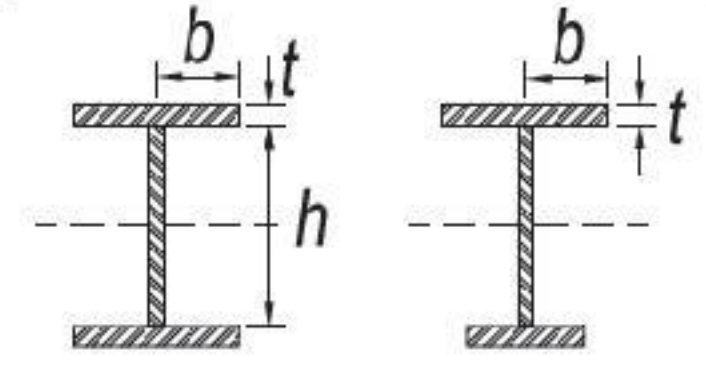
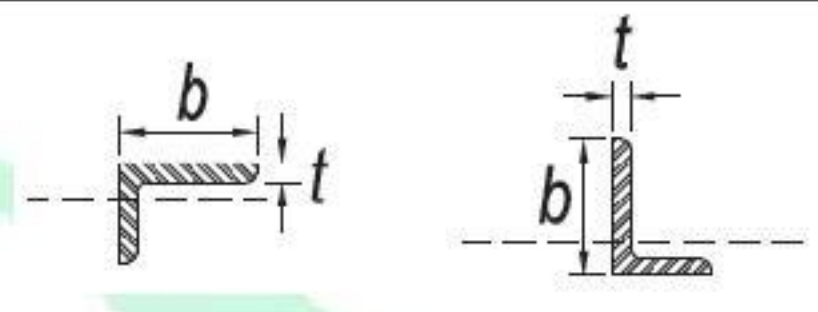
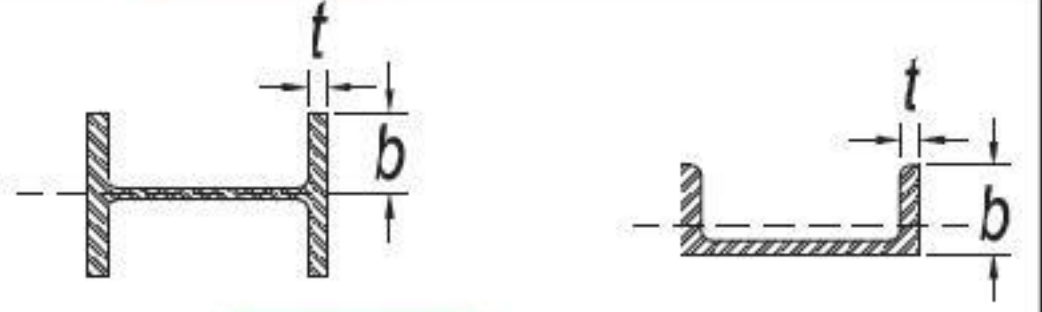
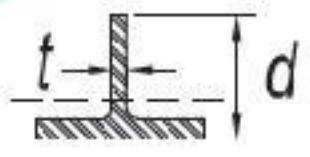
Tabel B4.1a
Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T	bt	$0,56\sqrt{E/F_y}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	bt	$0,64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}^{[a]}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tak-diperkaku lainnya	bt	$0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	stem dari T	bt	$0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

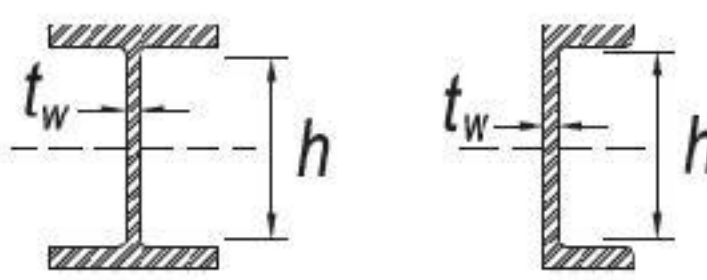
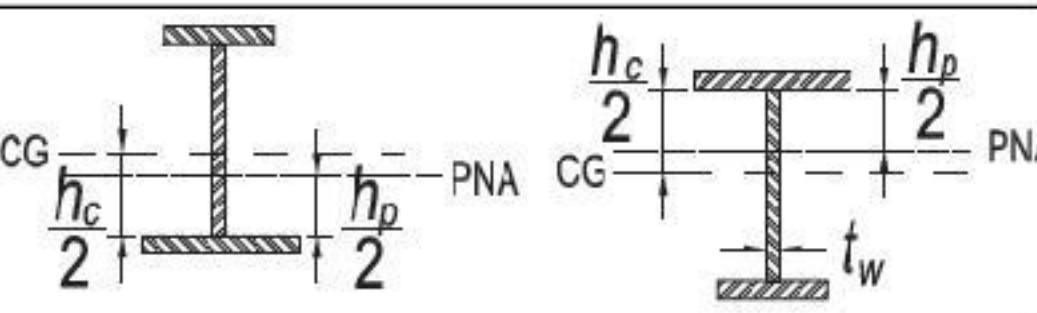
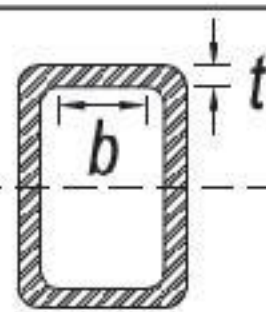
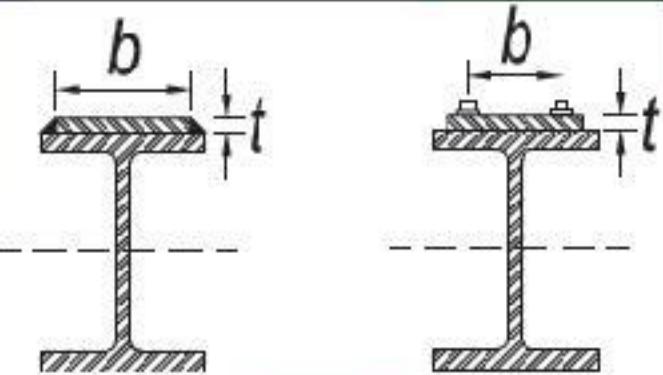
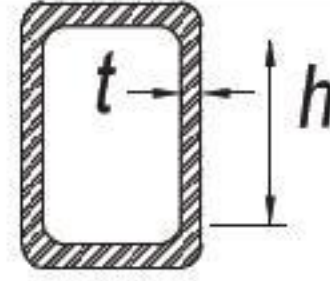
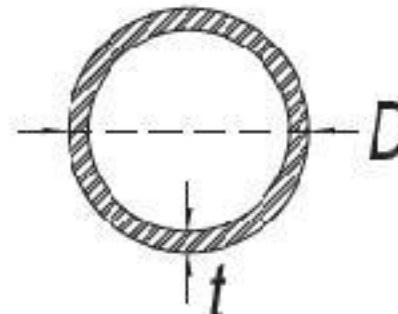
Tabel B4.1a (Lanjutan)

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen yang diperkaku	5	badan dari profil I simetris ganda dan kanal	b/t	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	b/t	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSB bulat	D/t	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

Tabel B4.1b
Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur Menahan Lentur

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)	
Elemen tanpa pengaku	10	Sayap dari profil I canai panas, kanal, dan T	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ [a] [b]	
	12	kaki dari siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan dari T	d/t	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Tabel B4.1b (Lanjutan)

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)	
Elemen yang diperkaku	15	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Badan dari profil I simetris tunggal	h_c/t_w	$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}^{[c]}$ $\left(0,54 \frac{M_p}{M_y} - 0,0 \right)$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Sayap dari PSB persegi dan boks ketebalan merata	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Badan dari PSB persegi dan boks	h/t	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	PSB bulat	D/t	$0,07 \frac{E}{F_y}$	$0,31 \frac{E}{F_y}$	

^[a] $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk tujuan perhitungan.

^[b] $F_L = 0,7F_y$ untuk lentur sumbu major dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun $S_{xt}/S_{xc} \geq 0,7$; $F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0,5F_y$ untuk lentur sumbu major dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun dengan $S_{xt}/S_{xc} < 0,7$.

^[c] M_y = momen pada leleh serat terluar. M_p = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)

E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

3. Penentuan Luas Bruto dan Neto

3a. Luas Bruto

Luas bruto, A_g , dari komponen struktur adalah luas penampang melintang total.

3b. Luas neto

Luas neto, A_n , dari komponen struktur adalah jumlah dari produk ketebalan dan lebar neto dari setiap elemen yang dihitung sebagai berikut:

Dalam penghitungan luas neto untuk tarik dan geser, lebar lubang baut harus diambil sebesar 1/16 in. (2 mm) lebih besar dari *dimensi nominal* dari lubang.

Untuk suatu rangkaian lubang-lubang yang diperluas bersilangan dalam sembarang diagonal atau garis zig-zag, lebar neto dari bagian tersebut harus diperoleh dengan pengurangan dari lebar bruto jumlah dari diameter atau dimensi slot seperti dijelaskan dalam pasal ini, dari semua lubang-lubang dalam rangkaian tersebut, dan dijumlahkan, untuk setiap g dalam rangkaian tersebut, sebesar $s^2/4g$,

Keterangan

s = spasi (*pitch*) pusat-ke-pusat longitudinal dari setiap dua lubang berurutan, in. (mm)
 g = spasi (*gage*) pusat-ke-pusat transversal antara garis *sarana penyambung*, in. (mm)

Untuk profil siku, ukuran lubang pada kaki-kaki yang berdekatan dan berlawanan harus merupakan jumlah ukuran dari belakang siku dikurangi ketebalan.

Untuk *PSB* terslot yang dilas pada *pelat buhul*, luas neto, A_n , adalah luas bruto dikurangi hasil ketebalan dan lebar total material yang dihilangkan untuk membentuk slot tersebut.

Pada penentuan las plug atau *las slot* di luas neto, *logam las* tidak boleh diperhitungkan sebagai penambah luas neto.

Untuk komponen struktur tanpa lubang, luas neto tersebut, A_n , adalah sama dengan luas bruto, A_g .

Catatan: Pasal J4.1(b) batas A_n sampai maksimum sebesar $0,85A_g$ untuk sambungan pelat dengan lubang-lubang.

B5. PABRIKASI DAN EREKSI

Gambar kerja, pabrikasi, bengkel pengecatan dan ereksi harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada Bab M, Pabrikasi dan Ereksi.

B6. PENGENDALIAN MUTU DAN PENJAMINAN MUTU

Aktivitas *pengendalian mutu* dan *penjaminan mutu* harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bab N, Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu.

B7. EVALUASI STRUKTUR YANG SUDAH BERDIRI

Evaluasi struktur yang sudah berdiri harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan Lampiran 5, Evaluasi Struktur yang sudah berdiri.

BAB C DESAIN UNTUK STABILITAS

Bab ini membahas persyaratan desain struktur untuk *stabilitas*. *Metode analisis langsung* disajikan di sini. *Metode alternatif* disajikan pada Lampiran 7.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- C1. Persyaratan Stabilitas Umum
- C2. Perhitungan Kekuatan Perlu
- C3. Perhitungan Kekuatan Tersedia

C1. PERSYARATAN STABILITAS UMUM

Stabilitas harus disediakan untuk struktur secara keseluruhan dan untuk setiap elemennya. Efek terhadap stabilitas struktur dan elemen-elemennya harus memperhitungkan hal-hal berikut: (1) lentur, geser dan deformasi komponen struktur aksial, dan semua deformasi lainnya yang memberi kontribusi terhadap perpindahan struktur; (2) *efek orde-kedua* (kedua *efek* $P - \Delta$ dan $P - \delta$); (3) ketidaksempurnaan geometri; (4) reduksi *kekakuan* akibat inelastisitas; dan (5) ketidakpastian dalam kekakuan dan kekuatan. Semua efek yang bergantung beban harus dihitung di level pembebanan sesuai dengan *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*.

Setiap metode rasional dari desain untuk stabilitas yang mempertimbangkan semua dari efek-efek yang tertera tersebut adalah diizinkan; ini meliputi metode yang dijelaskan dalam Pasal C1.1 dan C1.2.

Untuk struktur yang dirancang dengan *analisis inelastis*, ketentuan Lampiran 1 harus dipenuhi.

Catatan: Istilah “desain” yang digunakan dalam ketentuan ini adalah kombinasi dari analisis untuk menentukan *kekuatan perlu* dari komponen dan memproporsikan komponen agar memiliki *kekuatan* yang cukup.

Lihat Penjelasan Pasal C1 dan Tabel C-C1.1 untuk penjelasan tentang bagaimana persyaratan (1) sampai (5) dari Pasal C1 terpenuhi pada metode dari desain yang dijelaskan Pasal C1.1 dan C1.2.

1. Metode Analisis Langsung Desain

Metode analisis langsung, yang terdiri dari perhitungan *kekuatan perlu* menurut Pasal C2 dan perhitungan *kekuatan tersedia* menurut Pasal C3, boleh dilakukan untuk semua struktur.

2. Metode Alternatif Desain

Metode *Panjang efektif* dan metode *analisis orde-pertama*, dijelaskan pada Lampiran 7, diizinkan seperti alternatif dalam *metode analisis langsung* untuk struktur yang memenuhi kendala yang disyaratkan pada Lampiran tersebut.

C2. PERHITUNGAN KEKUATAN PERLU

Untuk *metode analisis langsung*, *kekuatan perlu* komponen struktur harus ditentukan dari analisis sesuai dengan Pasal C2.1. Analisis harus meliputi pertimbangan ketidaksempurnaan awal menurut Pasal C2.2 dan *kekakuan* yang disetujui menurut Pasal C2.3.

1. Persyaratan Analisis Umum

Analisis struktur harus sesuai dengan persyaratan yang berikut:

- (1) Analisis harus memperhitungkan deformasi lentur, geser dan aksial dari komponen struktur, dan deformasi dari semua komponen lainnya serta deformasi *sambungan* yang memberi kontribusi pada perpindahan struktur. Analisis harus memperhitungkan reduksi semua kekakuan yang berkontribusi pada *stabilitas* struktur, seperti disyaratkan pada Pasal C2.3.
- (2) Harus menggunakan *analisis orde-kedua* yang memperhitungkan efek $P-\Delta$ dan $P-\delta$, kecuali boleh mengabaikan efek $P-\delta$ pada respons struktur bila kondisi berikut terpenuhi: (a) Struktur menahan *beban gravitasi* melalui *kolom*, dinding atau portal vertikal secara nominal; (b) rasio dari *simpangan* orde-kedua maksimum terhadap simpangan orde-pertama maksimum (ditentukan untuk *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*, dengan kekakuan yang disetujui seperti pada Pasal C2.3) dalam semua tingkat sama dengan atau kurang dari 1,7; dan (c) tidak lebih dari sepertiga beban gravitasi total pada struktur yang diterima oleh kolom yang merupakan bagian dari portal penahan-momen dalam arah translasi yang ditinjau. Untuk semua kasus efek $P-\delta$ perlu dipertimbangkan dalam evaluasi masing-masing komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

Catatan: Analisis orde-kedua yang hanya memperhitungkan efek $P-\Delta$ dan mengabaikan efek dari $P-\delta$ pada respons strukturnya, diijinkan untuk kondisi-kondisi tertentu seperti yang disebutkan dalam bab ini. Persyaratan untuk memperhitungkan efek $P-\delta$ dalam evaluasi dari setiap komponen struktur dapat dipenuhi dengan menggunakan pengali B_1 yang dijelaskan di Lampiran 8.

Penggunaan dari metode analisis orde-kedua yang diberikan Lampiran 8 diizinkan sebagai alternatif untuk dari analisis orde-kedua yang lebih kompleks.

- (3) Analisis harus mempertimbangkan semua beban gravitasi dan *beban-beban* lainnya yang dapat mempengaruhi stabilitas struktur.

Catatan: Adalah penting untuk memperhitungkan semua beban gravitasi, termasuk beban pada *kolom-kolom miring* dan elemen-elemen lainnya yang bukan merupakan bagian dari *sistem penahan gaya lateral*.

- (4) Untuk desain dengan *DFBK*, analisis orde-kedua harus menggunakan kombinasi beban terfaktor *DFBK*. Untuk desain dengan *ASD*, analisis orde-kedua harus menggunakan 1,6 kali beban kombinasi *DKI*, dan hasilnya harus dibagi dengan angka 1,6 untuk memperoleh *kekuatan perlu* dari komponen.

2. Pertimbangan Ketidaktepatan Awal

Efek ketidaktepatan awal pada *stabilitas* struktur harus diperhitungkan melalui pemodelan langsung dari ketidaktepatan dalam analisis seperti dijelaskan dalam Pasal C2.2a atau melalui penggunaan *beban notional* seperti dijelaskan dalam Pasal C2.2b.

Catatan: Ketidaktepatan tersebut yang diperhitungkan dalam pasal ini adalah ketidaktepatan pada lokasi titik-titik perpotongan dari komponen struktur. Pada struktur bangunan gedung tipikal, ketidaktepatan dari tipe ini adalah kemiringan *kolom*. Ketidaktepatan awal dari setiap komponen struktur tidak dijelaskan dalam pasal ini; tapi diperhitungkan pada ketentuan desain komponen struktur tekan dari Bab E dan tidak perlu dipertimbangkan secara eksplisit dalam analisis selama ini berada dalam batas dari AISC *Code of Standard Practice*.

2a. Pemodelan Langsung Ketidaktepatan

Pada semua kasus, diizinkan untuk memperhitungkan efek ketidaktepatan awal secara langsung dalam analisis. Struktur harus dianalisis dengan titik-titik perpotongan komponen struktur yang telah berpindah dari lokasi-lokasi nominalnya. Besar dari perpindahan awal tersebut harus merupakan nilai maksimum yang diperhitungkan dalam desain. Pola pemindahan awal harus sedemikian rupa sehingga memberikan efek ketidakstabilan terbesar.

Catatan: Perpindahan awal yang sama dalam konfigurasi untuk kedua perpindahan akibat pembebanan dan pola *tekuk* yang diantisipasi harus dipertimbangkan dalam pemodelan ketidaktepatan. Besar dari perpindahan awal tersebut harus berdasarkan toleransi konstruksi yang diizinkan, seperti disyaratkan dalam AISC *Code of Standard Practice* atau persyaratan lainnya, atau ketidaktepatan yang sebenarnya jika diketahui.

Pada analisis struktur yang menahan *beban gravitasi* melalui *kolom*, dinding atau portal vertikal nominal, dimana rasio *simpangan* orde-kedua maksimum terhadap simpangan orde-pertama maksimum (ditentukan untuk *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*, dengan *kekakuan* yang diatur seperti yang disyaratkan dalam Pasal C2.3) pada semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,7, diizinkan untuk memasukkan ketidaktepatan awal dalam analisis hanya untuk kombinasi beban gravitasi dan bukan pada analisis untuk kombinasi beban yang menggunakan *beban lateral*.

2b. Penggunaan Beban *Notional* untuk Mewakili Ketidaktepatan

Untuk struktur yang menahan *beban gravitasi* terutama melalui *kolom*, dinding atau portal vertikal nominal, diijinkan menggunakan *beban notional* untuk mewakili efek ketidaktepatan awal yang sesuai dengan persyaratan dari pasal ini. Beban *notional* harus digunakan untuk model struktur berdasarkan pada geometri nominalnya.

Catatan: Konsep beban *notional* berlaku pada semua tipe struktur, tetapi persyaratan spesifik pada Pasal C2.2b(1) sampai C2.2b(4) hanya berlaku untuk kelas dari struktur seperti yang dijelaskan di atas.

- (1) Beban *notional* harus digunakan sebagai *beban lateral* pada semua level. Beban *notional* harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban, kecuali seperti yang ditunjukkan pada (4), di bawah. Besar beban *notional* tersebut adalah:

$$N_i = 0,002 \alpha Y_i \quad (C2-1)$$

keterangan

$\alpha = 1,0$ (DFBK); $\alpha = 1,6$ (DKI)

N_i = beban *notional* yang digunakan pada level i , kips (N)

Y_i = beban gravitasi yang digunakan pada level i dari kombinasi beban DFBK atau kombinasi beban DKI, yang sesuai, kips (N)

Catatan: Beban *notional* dapat menambah (umumnya kecil) besarnya gaya geser dasar pada struktur. Reaksi horizontal yang benar di fondasi dapat diperoleh melalui penggunaan suatu gaya horizontal tambahan pada dasar dari struktur yang besarnya sama dan berlawanan arah dari jumlah semua beban *notional*, yang didistribusikan di antara elemen penahan beban vertikal dengan proporsi yang sama dari beban gravitasi yang ditumpu oleh elemen-elemen ini. Beban *notional* juga dapat memperbesar efek momen guling, yang bukan merupakan besaran fiktif.

- (2) Beban *notional* di setiap level, N_i , harus didistribusikan di atas level itu dengan cara yang sama seperti beban gravitasi di level tersebut. Beban *notional* harus digunakan pada arah yang memberi efek destabilisasi terbesar.

Catatan: Untuk sebagian besar struktur bangunan gedung, persyaratan dengan memperhatikan arah beban *notional* dapat dipenuhi sebagai berikut: Untuk kombinasi beban yang tidak memasukkan beban lateral, dipertimbangkan dua arah ortogonal alternatif dari aplikasi beban *notional*, dalam suatu arti positif dan dalam suatu arti negatif pada setiap arah, dan dalam arah yang sama pada semua level; untuk kombinasi beban yang memasukkan beban lateral, pekerjaan semua beban *notional* dalam arah resultan beban lateral dalam kombinasi tersebut.

- (3) Koefisien beban *notional* sebesar 0,002 pada Persamaan C2-1 diperoleh berdasarkan suatu rasio kemiringan tingkat sebesar 1/500; nilai maksimum yang berbeda boleh digunakan untuk menaksir koefisien beban *notional* secara proporsional.

Catatan: Kemiringan sebesar 1/500 mewakili toleransi maksimum pada ketidaksempurnaan kolom yang disyaratkan dalam AISC Code of Standard Practice. Dalam beberapa kasus, toleransi yang disyaratkan lainnya misalnya pada lokasi denah kolom akan diatur dan memerlukan suatu toleransi ketidaksempurnaan lain yang ketat.

- (4) Untuk struktur dimana rasio dari simpangan orde-kedua maksimum terhadap simpangan orde-pertama maksimum (keduanya ditentukan untuk kombinasi beban DFBK atau 1,6 kali kombinasi beban DKI, dengan kekakuan yang disetujui seperti disyaratkan dalam C2.3) pada semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,7, diizinkan untuk menggunakan beban *notional*, N_i , hanya dalam kombinasi beban gravitasi saja dan bukan dalam kombinasi yang memasukkan beban-beban lateral lainnya.

3. Penyesuaian terhadap Kekakuan

Analisis struktur untuk menentukan *kekuatan perlu* dari komponen harus menggunakan kekakuan yang direduksi, sebagai berikut:

- (1) Suatu faktor 0,80 harus digunakan pada semua kekakuan yang berkontribusi terhadap *stabilitas* struktur.

Catatan: Penggunaan reduksi kekakuan tersebut pada sebagian besar komponen struktur dan bukan untuk yang lainnya, dalam beberapa kasus akan menghasilkan distorsi artifisial dari struktur akibat *beban* dan terjadinya kemungkinan yang tak-diinginkan dari redistribusi gaya-gaya. Ini dapat dihindari dengan menggunakan reduksi pada semua komponen struktur, termasuk yang tidak berkontribusi terhadap stabilitas struktur.

- (2) Suatu faktor penambah, τ_b , harus digunakan pada kekakuan lentur dari semua komponen struktur dimana kekakuan lenturnya berkontribusi terhadap stabilitas struktur.

(a) Bila $\alpha P_r/P_y \leq 0,5$

$$\tau_b = 1,0 \quad (C2-2a)$$

(b) Bila $\alpha P_r/P_y > 0,5$

$$\tau_b = 4(\alpha P_r/P_y)(1 - \alpha P_r/P_y) \quad (C2-2b)$$

keterangan

α = 1,0 (DFBK); α = 1,0 (DKI)

P_r = kekuatan tekan aksial-perlu menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau DKI, kips (N)

P_y = *kekuatan leleh* aksial ($= F_y A_g$), kips (N)

Catatan: Diambil bersama-sama, pasal (1) dan (2) mensyaratkan penggunaan $0,8 \tau_b$ dikalikan kekakuan lentur elastis nominal dan $0,8$ dikalikan kekakuan elastis nominal lainnya untuk komponen struktur *baja struktur* dalam analisis tersebut.

- (3) Dalam struktur dimana Pasal C2.2b berlaku, sebagai pengganti dari menggunakan $\tau_b < 1,0$ dimana $\alpha P_r/P_y > 0,5$, boleh menggunakan $\tau_b = 1,0$ untuk semua komponen struktur jika *beban notional* sebesar $0,001 \alpha Y_i$ [dimana Y_i adalah seperti dijelaskan dalam Pasal C2.2b(1)] dipasang pada semua level, dalam arah yang disyaratkan Pasal C2.2b(2), dalam semua kombinasi pembebanan. *Beban notional* ini harus ditambahkan ke kombinasi tersebut, jika ada, untuk memperhitungkan ketidaksempurnaan dan tidak berlaku untuk Pasal C2.2b(4).
- (4) Bila komponen terdiri dari material selain baja struktur yang dianggap memberi kontribusi untuk stabilitas struktur dan tata cara yang mengatur atau *spesifikasi* untuk material lainnya memerlukan reduksi yang lebih besar pada kekakuan, maka reduksi kekakuan yang lebih besar harus digunakan untuk komponen.

C3. PERHITUNGAN KEKUATAN TERSEDIA

Untuk *metode analisis langsung* dari desain, *kekuatan tersedia* dari komponen struktur dan sambungan harus dihitung menurut ketentuan Bab D, E, F, G, H, I, J dan K, yang sesuai, dengan tanpa memperhitungkan *stabilitas* struktur secara keseluruhan. *Faktor panjang efektif*, K , dari semua komponen struktur harus diambil satu kecuali suatu nilai yang lebih kecil dapat diterima melalui analisis rasional.

Breising diperuntukkan untuk membatasi *panjang tanpa breising* dari komponen struktur harus memiliki *kekakuan* dan kekuatan yang cukup untuk mengontrol pergerakan komponen struktur pada titik-titik terbreis.

Metode dari persyaratan *breising* yang memenuhi pada setiap kolom, balok dan balok-kolom diberikan dalam Lampiran 6. Persyaratan Lampiran 6 tidak berlaku untuk *breising* yang merupakan bagian dari sistem penahan gaya keseluruhan.



BAB D DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TARIK

Bab ini menggunakan komponen struktur menahan tarik aksial yang disebabkan oleh gaya-gaya statis yang bekerja melalui sumbu titik berat.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- D1. Pembatasan Kelangsingan
- D2. Kekuatan Tarik
- D3. Luas Neto Efektif
- D4. Komponen Struktur Tersusun
- D5. Komponen Struktur Terhubung-Sendi
- D6. *Eyebars*

Catatan: Untuk kasus-kasus yang tidak dicakup dalam bab ini berlaku pasal-pasal yang berikut:

- B3.11 Komponen struktur yang menahan *fatik*
- Bab H Komponen struktur yang menahan kombinasi tarik aksial dan lentur
- J3 Batang berulir
- J4.1 Elemen penyambung dalam tarik
- J4.3 Kekuatan *runtuh geser blok* pada sambungan ujung dari komponen struktur tarik

D1. PEMBATASAN KELANGSINGAN

Tidak ada batas kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik.

Catatan: Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsingan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik.

D2. KEKUATAN TARIK

Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dan kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari *leleh tarik* pada penampang bruto dan *keruntuhan tarik* pada penampang neto.

(a) Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = F_y A_g \quad (D2-1)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

(b) Untuk keruntuhan tarik pada penampang neto:

$$P_n = F_u A_e \quad (D2-2)$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_e = luas neto efektif, in.² (mm²)

A_g = luas bruto dari komponen struktur, in.² (mm²)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

Bila komponen struktur tanpa lubang sepenuhnya disambung dengan las, luas neto efektif yang digunakan pada Persamaan D2-2 harus seperti ditentukan dalam Pasal D3. Bila lubang berada pada suatu komponen struktur dengan *sambungan* ujung dilas, atau pada sambungan yang dilas pada kasus dari *las plug* atau *las slot*, luas neto efektif melalui lubang-lubang harus digunakan dalam Persamaan D2-2.

D3. LUAS NETO EFEKTIF

Luas bruto, A_g , dan *luas neto*, A_n , dari komponen struktur tarik harus ditentukan sesuai dengan ketentuan Pasal B4.3.

Luas neto efektif dari komponen struktur tarik harus ditentukan sebagai berikut:


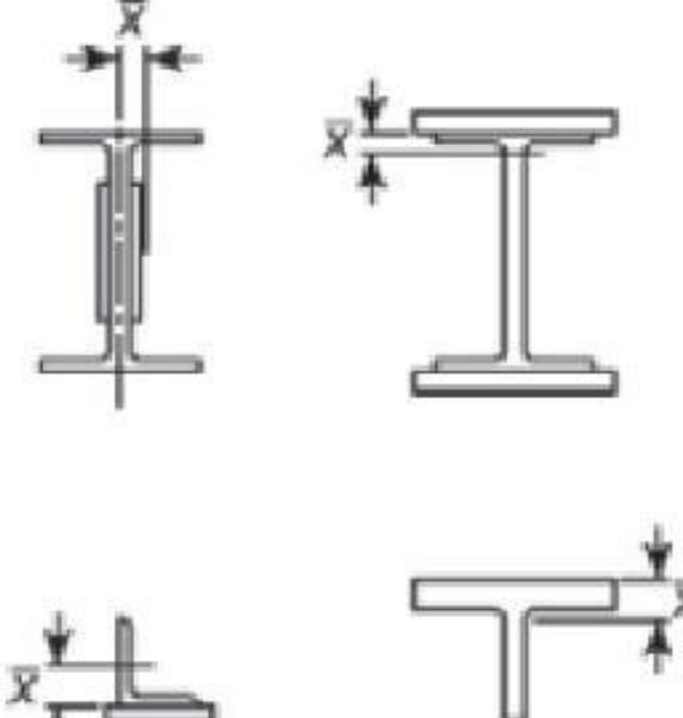
$$A_e = A_n U \quad (D3-1)$$

dimana U , faktor *shear lag*, ditentukan seperti tertera dalam Tabel D3.1.

Untuk profil melintang terbuka misalnya berbentuk W, M, S, C atau HP, WT_s, ST_s, dan siku tunggal dan siku ganda, faktor *shear lag*, U , tidak perlu lebih kecil dari rasio luas bruto elemen yang disambung terhadap luas bruto komponen struktur. Ketentuan ini tidak berlaku pada penampang tertutup, misalnya profil *PSB*, atau untuk pelat.

Catatan: Untuk pelat dengan *splice* yang di baut $A_e = A_n \leq 0,85A_g$, sesuai dengan Pasal J4.1.

Tabel D3.1 – Faktor *Shear lag* untuk Sambungan pada Komponen Struktur Tarik

Kasus	Deskripsi Elemen	Faktor <i>Shear lag</i> , U	Contoh
1	Semua komponen struktur tarik dimana beban tarik disalurkan secara langsung ke setiap dari elemen profil melintang melalui sarana penyambung atau las-las (kecuali seperti dalam Kasus 4, 5 dan 6)	$U = 1,0$	
2	Semua komponen struktur tarik, kecuali pelat dan PSB, dimana beban tarik disalurkan ke beberapa tetapi tidak semua dari elemen profil melintang melalui sarana penyambung atau las longitudinal atau melalui las longitudinal dalam kombinasi dengan las transversal. (Secara alternatif, untuk W, M, S dan HP, Kasus 7 dapat digunakan. Untuk baja siku, Kasus 8 dapat digunakan)	$U = 1 - \bar{X} / l$	

Tabel D3.1 (Lanjutan)

Kasus	Deskripsi Elemen		Faktor Shear lag, U	Contoh
3	Semua komponen struktur tarik dimana beban tarik hanya disalurkan melalui las transversal ke beberapa tetapi tidak semua dari elemen profil melintang.		$U = 1,0$ dan A_n = luas dari elemen yang disambung langsung	
4	Pelat dimana beban tarik disalurkan melalui hanya las longitudinal.		$l \geq 2w \dots U = 1,0$ $2w > l \geq 1,5w \dots U = 0,87$ $1,5w > l \geq w \dots U = 0,75$	
5	PSB Bundar dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal		$l \geq 1,3D \dots U = 1,0$ $D \leq l < 1,3D \dots U = 1 - \bar{X} / l$ $\bar{X} = D / \pi$	
6	PSB Persegi	Dengan sebuah pelat buhul konsentris tunggal	$l \geq H \dots U = 1 - \bar{X} / l$ $\bar{X} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + H)}$	
		Dengan dua sisi pelat buhul	$l \geq H \dots U = 1 - \bar{X} / l$ $\bar{X} = \frac{B^2}{4(B + H)}$	
7	Bentuk W, M, S atau HP atau T memotong dari bentuk-bentuk ini (Jika U dihitung dalam Kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	Dengan sayap disambungkan dengan 3 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	$b_f \geq 2/3d \dots U = 0,90$ $b_f < 2/3d \dots U = 0,85$	
		Dengan badan disambungkan dengan 4 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	$U = 0,70$	
8	Siku tunggal dan ganda (Jika U dihitung dalam Kasus 2, nilai yang lebih besar diizinkan untuk digunakan).	Dengan 4 atau lebih sarana penyambung per baris di arah pembebanan	$U = 0,80$	
		Dengan 3 sarana penyambung per baris di arah pembebanan (Dengan lebih sedikit dari 3 sarana penyambung per baris di arah pembebanan, gunakan Kasus 2).	$U = 0,60$	
l = panjang sambungan, in. (mm); w = lebar pelat, in. (mm); \bar{X} = eksentrisitas sambungan, in. (mm); B = lebar keseluruhan dari komponen struktur PSB persegi, diukur 90° terhadap bidang dari sambungan, in. (mm); H = tinggi keseluruhan dari komponen struktur PSB persegi, diukur pada bidang sambungan, in. (mm)				

D4. KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN

Untuk pembatasan pada spasi longitudinal dari konektor antara elemen-elemen dalam kontak menerus yang terdiri dari sebuah pelat dan sebuah profil atau dua pelat, lihat Pasal J3.5.

Baik *pelat penutup* berlubang atau *pelat pengikat* tanpa *lacing* diizinkan digunakan pada sisi-sisi terbuka komponen struktur tarik tersusun. Pelat pengikat harus memiliki panjang tidak kurang dari dua-pertiga jarak antara garis las atau *pengencang* yang menghubungkan mereka ke komponen-komponen dari struktur tersebut. Ketebalan pelat pengikat tersebut tidak boleh kurang dari seperlimapuluh dari jarak antara deretan ini. Spasi longitudinal dari las berselang-seling atau pengencang pada pelat pengikat tidak boleh melebihi 6 in. (150 mm).

Catatan: Spasi longitudinal konektor antara komponen sebaiknya rasio kelangsingannya dibatasi pada setiap komponen antara konektor sampai ke 300.

D5. KOMPONEN STRUKTUR TERHUBUNG-SENDI

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dan kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur terhubung-sendi, harus nilai terendah yang ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan tarik, keruntuhan geser, tumpuan, dan pelelehan.

(a) Untuk keruntuhan tarik pada daerah efektif neto:

$$P_n = F_u (2tb_e) \quad (D5-1)$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 2,00 \text{ (DKI)}$$

(b) Untuk keruntuhan geser pada daerah efektif:

$$P_n = 0,6F_u A_{sf} \quad (D5-2)$$

$$\phi_{sf} = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_{sf} = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_{sf} = luas pada alur kegagalan geser = $2t(a + d/2)$, in.² (mm²)

a = jarak terpendek dari tepi lubang sendi ke tepi komponen struktur yang diukur paralel terhadap arah gaya, in. (mm)

b_e = $2t + 0,63$, in. ($= 2t + 16$, mm) tetapi tidak lebih dari jarak aktual dari tepi lubang ke tepi bagian yang diukur pada arah tegak lurus terhadap gaya yang digunakan, in. (mm)

d = diameter sendi, in. (mm)

t = ketebalan pelat, in. (mm)

(c) Untuk tumpuan pada daerah terproyeksi dari sendi, gunakan Pasal J7.

(d) Untuk pelelehan pada penampang bruto, gunakan Pasal D2(a).

2. Persyaratan Dimensi

Lubang sendi harus ditempatkan di pertengahan antara ujung-ujung dari komponen struktur pada arah tegak lurus terhadap *gaya* yang digunakan. Bila sendi yang diharapkan memberi pergerakan relatif antara bagian-bagian yang terhubung akibat *beban* total, diameter dari lubang sendi tidak boleh lebih dari 1/32 in. (1 mm) lebih besar dari diameter sendi.

Lebar pelat pada lubang sendi tidak boleh kecil dari $2b_e + d$ dan perpanjangan minimum, a , di luar ujung *tumpuan* dari lubang sendi, paralel terhadap sumbu komponen struktur, tidak boleh kecil dari $1,33b_e$.

Sudut di luar lubang sendi diizinkan harus dipotong pada 45° terhadap sumbu komponen struktur, disediakan *luas neto* di luar lubang sendi, pada suatu bidang tegak lurus terhadap yang dipotong, adalah tidak kurang dari yang disyaratkan di luar lubang sendi paralel terhadap sumbu komponen struktur.

D6. EYEBARS

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik tersedia dari *eyebars* harus ditentukan menurut Pasal D2, dengan A_g diambil sebagai luas penampang tubuh.

Untuk tujuan perhitungan, lebar tubuh dari *eyebars* tidak boleh melebihi delapan kali ketebalannya.

2. Persyaratan Dimensi

Eyebars harus dari ketebalan yang merata, tanpa penguatan di lubang sendi, dan memiliki lingkaran kepala dengan batas luar konsentris dengan lubang sendi.

Radius dari transisi antara lingkaran kepala dan tubuh *eyebars* tidak boleh kurang dari diameter kepala.

Diameter sendi tidak boleh kurang dari tujuh per delapan kali lebar tubuh *eyebars*, dan diameter lubang sendi tidak boleh lebih dari 1/32 in. (1 mm) lebih besar dari diameter sendi.

Untuk baja yang memiliki F_y lebih besar dari 70 ksi (485 MPa), diameter lubang tidak boleh melebihi lima kali ketebalan pelat, dan lebar dari tubuh *eyebars* harus direduksi sesuai dengan itu.

Ketebalan kurang dari $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) hanya diizinkan jika mur eksternal disediakan untuk mengencangkan pelat sendi dan pelat *pengisi* ke dalam kontak terlindung. Lebar dari tepi lubang ke tepi pelat yang tegak lurus terhadap arah dari *beban* yang digunakan harus lebih besar dari dua per tiga dan, untuk tujuan perhitungan, tidak lebih dari tiga per empat kali lebar tubuh *eyebars* tersebut.

BAB E DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TEKAN

Bab ini membahas komponen struktur penahan tekan aksial melalui sumbu sentroidal.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- E1. Ketentuan Umum
- E2. Panjang efektif
- E3. Tekuk Lentur dari Komponen Struktur tanpa Elemen Langsing
- E4. Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-Lentur dari Komponen Struktur tanpa Elemen Langsing
- E5. Komponen Struktur Tekan Siku Tunggal
- E6. Komponen Struktur Tersusun
- E7. Komponen Struktur dengan Elemen Langsing

Catatan: Untuk komponen struktur yang tidak termasuk dalam bab ini pasal yang berikut digunakan:

- H1 – H2 Komponen struktur yang menahan kombinasi tekan aksial dan lentur
- H3 Komponen struktur yang menahan tekan aksial dan torsi
- I2 Komponen Struktur Komposit yang dibebani secara aksial
- J4.4 Kekuatan tekan dari elemen penyambung

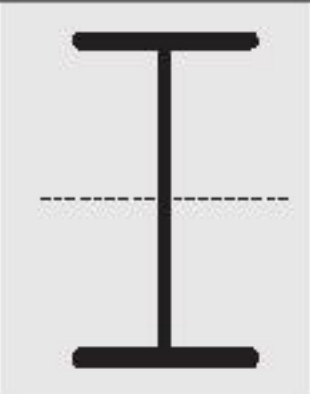
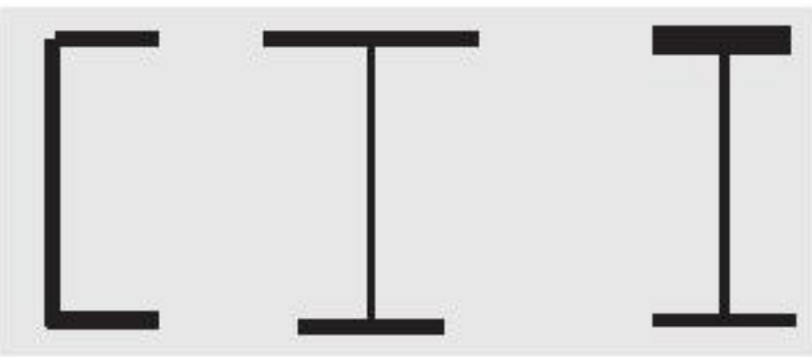

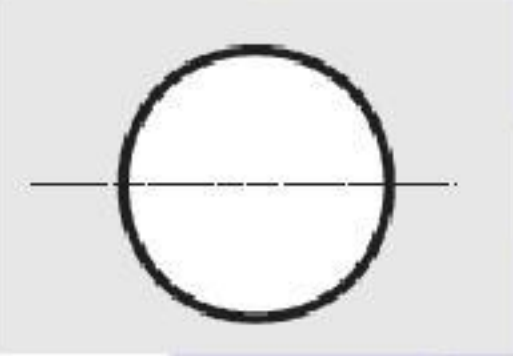




E1. KETENTUAN UMUM

Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan kekuatan tekan tersedia, P_n/Ω_c , ditentukan sebagai berikut.

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah yang diperoleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur.

$$\phi_c = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_c = 1,67 \text{ (DKI)}$$

CATATAN PENGGUNA TABEL E1.1
Tabel Pemilihan untuk Penerapan Profil Bab E

Penampang Melintang	Tanpa Elemen Langsing		Dengan Elemen Langsing	
	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E6 E3 E4	FB FTB	E6 E7	LB FB FTB
	E5		E5	
	E3	FB	N/A	N/A
Bentuk tidak smetris selain siku tunggal	E4	FTB	E7	LB FTB
FB = tekuk lentur, TB = tekuk torsi, FTB = tekuk torsi-lentur, LB = tekuk lokal				

E2. PANJANG EFEKTIF

Faktor panjang efektif, K , untuk perhitungan kelangsingan komponen struktur, KL/r , harus ditentukan menurut Bab C atau Lampiran 7.

keterangan

L = panjang tanpa dibreising lateral dari komponen struktur, in. (mm)

r = radius girasi, in. (mm)

Catatan: Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif KL/r , sebaiknya tidak melebihi 200.

E3. TEKUK LENTUR DARI KOMPONEN STRUKTUR TANPA ELEMEN LANGSING

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur tekan elemen nonlansing seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk elemen dalam tekan merata.

Catatan: Bila panjang tanpa breising torsional adalah lebih besar dari panjang tanpa dibreising lateral, Pasal E4 boleh mengontrol desain dari sayap lebar dan kolom-kolom berbentuk serupa.

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (E3-1)$$

Tegangan kritis, F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$(a) \quad \text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25)$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (E3-2)$$

$$(b) \quad \text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25)$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (E3-3)$$

keterangan

F_e = tegangan tekuk kritis elastis ditentukan sesuai dengan Persamaan E3-4, seperti disyaratkan dalam Lampiran 7, Pasal 7.2.3(b), atau melalui suatu analisis tekuk elastis, yang sesuai, ksi (MPa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (E3-4)$$

Catatan: Dua ketidaksetaraan untuk perhitungan batas dan penerapan Pasal E3(a) dan E3(b), satu berdasarkan pada KL/r dan satu berdasarkan pada F_y/F_e , memberi hasil yang sama.

E4. TEKUK TORSI DAN TEKUK TORSI-LENTUR DARI KOMPONEN STRUKTUR TANPA ELEMEN LANGSING

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur simetris tunggal dan asimetris, dan komponen struktur simetris ganda tertentu, misalnya *kolom cruciform* atau *kolom* tersusun tanpa elemen langsing, seperti didefinisikan pada Pasal B4.1 untuk elemen dalam tekan merata. Sebagai tambahan, pasal ini diterapkan untuk semua komponen struktur simetris ganda tanpa elemen langsing bila *panjang tanpa breising* torsi melebihi panjang tanpa breising lateral. Ketentuan ini diperlukan untuk siku tunggal dengan $b/t > 20$.

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus ditentukan berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur, sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (\text{E4-1})$$

Tegangan kritis, F_{cr} , yang ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk komponen struktur tekan siku ganda dan profil T:

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (\text{E4-2})$$

dimana F_{cry} diambil sebagai F_{cr} dari Persamaan E3-2 atau E3-3, untuk tekuk

lentur pada sumbu y simetris, dan $\frac{KL}{r} = \frac{K_y L}{r_y}$ untuk komponen struktur tekan

berbentuk T, dan $\frac{KL}{r} = \left(\frac{KL}{r} \right)_m$ dari Pasal E6 untuk komponen struktur tekan siku ganda, dan

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-3})$$

- (b) Untuk semua kasus lainnya, F_{cr} harus ditentukan sesuai dengan Persamaan E3-2 atau E3-3, dengan menggunakan tegangan tekuk elastis torsi atau torsi-lentur, F_e , ditentukan sebagai berikut:

- (i) Untuk komponen struktur simetris ganda:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{E4-4})$$

- (ii) Untuk komponen struktur simetris tunggal dimana y adalah sumbu simetris:

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (\text{E4-5})$$

(iii) Untuk komponen struktur tak-simetris, F_e adalah akar terendah dari persamaan pangkat tiga:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_o}{\bar{r}_o}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_o}{\bar{r}_o}\right)^2 = 0 \quad (\text{E4-6})$$

keterangan

A_g = luas bruto penampang dari komponen struktur, in.² (mm²)

C_w = konstanta pilin, in.⁶ (mm⁶)

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x L}{r_x} \right)^2} \quad (\text{E4-7})$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_y L}{r_y} \right)^2} \quad (\text{E4-8})$$

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \frac{1}{A_g \bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-9})$$

G = modulus elastis geser dari baja = 11 200 ksi (77 200 MPa)

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-10})$$

I_x, I_y = momen inersia di sumbu utama, in.⁴ (mm⁴)

J = konstanta torsi, in.⁴ (mm⁴)

K_x = faktor panjang efektif untuk tekuk lentur di sumbu x

K_y = faktor panjang efektif untuk tekuk lentur di sumbu y

K_z = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

\bar{r}_o = radius girasi polar di pusat geser, in. (mm)

$$\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (\text{E4-11})$$

r_x = radius girasi di sumbu x, in. (mm)

r_y = radius girasi di sumbu y, in. (mm)

x_o, y_o = koordinat pusat geser sehubungan dengan titik berat, in. (mm)

Catatan: Untuk profil I simetris ganda, C_w boleh diambil sebagai $I_y h_o^2/4$, di mana h_o adalah jarak antara titik berat sayap, sebagai pengganti dari analisis lebih teliti. Untuk T dan siku ganda, menghilangkan istilah dengan C_w bila yang dihitung F_{ez} dan ambil x_o sebesar 0.

E5. KOMPONEN STRUKTUR TEKAN SIKU TUNGGAL

Kekuatan tekan nominal, P_n , dari komponen struktur siku tunggal harus ditentukan menurut Pasal E3 atau Pasal E7, yang sesuai, untuk komponen struktur yang dibebani secara aksial. Untuk siku tunggal dengan $b/t > 20$, Pasal E4 harus digunakan. Komponen struktur yang memenuhi kriteria yang dikenakan dalam Pasal E5(a) atau E5(b) diizinkan dirancang sebagai komponen struktur dibebani secara aksial dengan menggunakan rasio kelangsingan efektif yang disyaratkan, KL/r .

Efek eksentrisitas pada komponen struktur siku tunggal diizinkan diabaikan bila dievaluasi sebagai komponen struktur tekan dibebani secara aksial dengan menggunakan satu dari rasio kelangsingan efektif yang disyaratkan Pasal E5(a) atau E5(b), asalkan:

- (1) komponen struktur dibebani di ujung-ujung dalam tekan melalui satu kaki yang sama;
- (2) komponen-komponen struktur yang disambung dengan las atau dengan sambungan minimum dua-baut; dan
- (3) tidak ada beban transversal menengah.

Komponen struktur siku tunggal dengan kondisi ujung berbeda dari yang dijelaskan dalam Pasal E5(a) atau (b), dengan rasio dari lebar kaki panjang terhadap lebar kaki pendek lebih besar dari 1,7 atau dengan beban transversal, harus dievaluasi untuk kombinasi beban aksial dan lentur dengan menggunakan ketentuan Bab H.

- (a) Untuk siku kaki-sama atau siku kaki-tak sama yang disambungkan sampai kaki terpanjang setiap komponen struktur atau komponen struktur badan dari rangka batang planar dengan komponen struktur badan yang berdekatan disambungkan pada sisi yang sama dari *pelat buhul* atau kord:

- (i) Bila $0 \leq \frac{L}{r_x} \leq 80$:

$$\frac{KL}{r} = 72 + 0,75 \frac{L}{r_x} \quad (\text{E5-1})$$

- (ii) Bila $\frac{L}{r_x} > 80$:

$$\frac{KL}{r} = 32 + 1,25 \frac{L}{r_x} \leq 200 \quad (\text{E5-2})$$

Untuk siku kaki-tidak sama dengan rasio panjang kaki kurang dari 1,7 dan disambungkan sampai kaki terpendek, KL/r dari Persamaan E5-1 dan E5-2 harus ditingkatkan dengan penambahan sebesar $4[(b_l/b_s)^2 - 1]$, tetapi KL/r dari komponen struktur tidak boleh diambil lebih kecil dari $0,95L/r_z$.

- (b) Untuk siku kaki-sama atau siku kaki-tidak sama yang disambungkan sampai kaki terpanjang komponen struktur badan dari boks atau rangka batang ruang dengan komponen struktur badan yang berdekatan disambungkan dengan sisi yang sama *pelat buhul* atau kord:

- (i) Bila $\frac{L}{r_x} \leq 75$:

$$\frac{KL}{r} = 60 + 0,8 \frac{L}{r_x} \quad (\text{E5-3})$$

- (ii) Bila $\frac{L}{r_x} > 75$:

$$\frac{KL}{r} = 45 + \frac{L}{r_x} \leq 200 \quad (\text{E5-4})$$

Untuk siku kaki-tidak sama dengan rasio panjang kaki kurang dari 1,7 dan disambungkan sampai kaki terpendek, KL/r dari Persamaan E5-3 dan E5-4 harus ditingkatkan dengan penambahan sebesar $6[(b_\ell/b_s)^2 - 1]$, tetapi KL/r dari komponen struktur tidak boleh diambil kurang dari $0,82L/r_z$,

keterangan

L = panjang dari komponen struktur antara titik-titik kerja pada sumbu kord rangka batang, in. (mm)

b_ℓ = panjang dari kaki terpanjang dari siku, in. (mm)

b_s = panjang dari kaki terpendek dari siku, in. (mm)

r_x = radius girasi di *sumbu geometris* paralel dengan kaki yang disambung, in. (mm)

r_z = radius girasi di sumbu utama minor, in. (mm)

E6. KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN

1. Kekuatan Tekan

Pasal ini diterapkan untuk *komponen struktur tersusun* terdiri dari dua bentuk (a) dihubungkan dengan baut atau las, atau (b) dengan sedikitnya satu sisi terbuka yang dihubungkan melalui *pelat penutup* dilubangi atau *lacing* dengan *pelat pengikat*. *Sambungan* ujung harus di las atau disambung dengan sumber dari *baut pratarik* dengan *permukaan lekatan* Kelas A atau B.

Catatan: Hal ini dapat diterima untuk desain sambungan ujung yang di baut dari komponen struktur tekan tersusun untuk *beban* menekan penuh dengan baut dalam *tumpuan* dan desain baut berdasarkan kekuatan geser; bagaimanapun, baut-baut harus pratarik. Pada komponen struktur tekan tersusun, misalnya strut siku-ganda dalam rangka batang, suatu *slip* relatif kecil antara elemen-elemen yang khusus di sambungan ujung dapat ditingkatkan *panjang efektif* dari kombinasi penampang terhadap yang dari setiap komponen dan mereduksi secara berarti kekuatan tekan strut tersebut. Oleh karena itu, sambungan antara elemen-elemen di ujung-ujung dari komponen struktur tersusun harus dirancang untuk menahan slip.

Kekuatan tekan nominal dari komponen struktur tersusun yang terdiri dari dua bentuk yang dihubungkan melalui baut atau las harus ditentukan menurut Pasal E3, E4, atau E7 bergantung pada modifikasi yang berikut. Sebagai pengganti analisis yang lebih teliti, jika modus *tekuk* melibatkan deformasi relatif yang menghasilkan *gaya geser* pada

konektor antara setiap profil, KL/r yang diganti dengan $(KL/r)_m$ ditentukan sebagai berikut:

(a) Untuk konektor menengah yang dibaut secara *snug-tight*:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E6-1})$$

(b) Untuk konektor menengah yang di las atau yang disambung dengan baut pra-tarik:

(i) Bila $\frac{a}{r_i} \leq 40$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_o \quad (\text{E6-2a})$$

(ii) $\frac{a}{r_i} > 40$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E6-2b})$$

keterangan

$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$ = rasio kelangsingan dimodifikasi dari *komponen struktur tersusun*

$\left(\frac{KL}{r}\right)_o$ = rasio kelangsingan dari komponen struktur tersusun yang bekerja sebagai suatu kesatuan pada arah tekuk yang diperhitungkan

K_i = 0,50 untuk siku belakang-terhadap-belakang
= 0,70 untuk kanal belakang-terhadap-belakang
= 0,86 untuk semua kasus lainnya

a = jarak antara konektor, in. (mm)

r_i = radius girasi minimum dari setiap komponen, in. (mm)

2. Persyaratan dimensional

Setiap komponen dari komponen struktur tekan yang terdiri dari dua atau lebih profil harus disambungkan ke satu lainnya di interval, a , sedemikian rupa sehingga rasio kelangsingan efektif Ka/r_i dari setiap bentuk komponen antara *pengencang* tidak melebihi tigaperempat kali rasio kelangsingan yang menentukan dari *komponen struktur tersusun*. Radius girasi terkecil, r_i , harus digunakan pada perhitungan rasio kelangsingan dari setiap bagian komponen.

Pada ujung dari *tumpuan* komponen struktur tekan tersusun pada pelat dasar atau *permukaan finished*, semua komponen dalam kontak dengan satu lainnya harus disambungkan dengan suatu las yang memiliki suatu panjang tidak kurang dari lebar

maksimum dari komponen struktur atau dengan las yang berspasi secara longitudinal terpisah tidak lebih dari empat diameter untuk suatu jarak sama dengan $1 \frac{1}{2}$ kali lebar maksimum dari komponen struktur tersebut.

Seluruh panjang komponen struktur tekan tersusun antara sambungan ujung yang diperlukan di atas, spasi longitudinal untuk las atau baut yang berselang-seling harus cukup untuk memberi penyaluran *kekuatan perlu*. Untuk pembatasan pada spasi longitudinal dari pengencang antara elemen pada kontak yang menerus yang terdiri dari pelat dan profil atau dua pelat, lihat Pasal J3.5. Bila komponen dari suatu komponen struktur tekan tersusun terdiri dari pelat bagian luar, spasi maksimum tidak boleh melebihi ketebalan dari pelat bagian luar yang lebih tipis dikalikan $0,75 \sqrt{E / F_y}$ atau 12 in. (305 mm), bila las diberikan berselang-seling sepanjang ujung-ujung dari komponen atau bila pengencang diberikan pada semua deretan *gage* di setiap penampang. Bila pengencang diatur supaya tidak terjadi serentak, spasi maksimum dari pengencang pada setiap deretan *gage* tidak boleh melebihi ketebalan dari pelat bagian luar yang lebih tipis dikalikan $1,12 \sqrt{E / F_y}$ atau 18 in. (460 mm).

Sisi-sisi terbuka dari komponen struktur tekan tersusun dari pelat atau profil harus disediakan melalui *pelat-pelat penutup* menerus berlubang dengan suatu rangkaian dari lubang-lubang akses. Lebar tanpa ditumpu dari pelat-pelat yang demikian pada lubang-lubang akses, seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1, diasumsikan memberi kontribusi terhadap *kekuatan tersedia* asalkan persyaratan yang berikut dipenuhi:

- (1) Rasio ketebalan-terhadap-lebar harus sesuai dengan pembatasan dari Pasal B4.1.

Catatan: Disebut konservatif untuk penggunaan pembatasan rasio ketebalan terhadap lebar untuk Kasus 7 dalam Tabel B4.1a dengan lebar, b , yang diambil sebagai jarak transversal antara deretan pengencang yang terdekat. *Luas neto* dari pelat tersebut diambil di lubang terlebar. Sebagai pengganti dari pendekatan ini, pembatasan rasio ketebalan-terhadap-lebar tersebut dapat ditentukan melalui analisis.

- (2) Rasio dari panjang (dalam arah *tegangan*) terhadap lebar dari lubang tidak boleh melebihi 2.
- (3) Jarak bersih antara lubang-lubang pada arah tegangan harus tidak kecil dari jarak transversal antara deretan terdekat dari yang menyambungkan pengencang atau las.
- (4) Tepi luar dari lubang-lubang di semua titik-titik harus memiliki suatu radius minimum $1 \frac{1}{2}$ in. (38 mm).

Sebagai alternatif pada pelat-pelat penutup berlubang, *lacing* dengan *pelat-pelat pengikat* diizinkan pada setiap ujung dan pada titik-titik menengah jika *lacing* dihentikan. Pelat-pelat pengikat harus seperti mendekati ujung-ujung sebagai dapat dilaksanakan. Pada komponen struktur yang memberi kekuatan tersedia, ujung pelat-pelat pengikat harus memiliki suatu panjang yang tidak kecil dari jarak antara deretan pengencang atau las-las yang menghubungkannya ke komponen-komponen dari komponen struktur. Pelat-pelat pengikat menengah harus memiliki panjang tidak kurang dari setengah dari jarak ini. Ketebalan pelat-pelat pengikat harus tidak kecil dari seperlimapuluh dari jarak antara deretan las atau pengencang yang menghubungkannya ke segmen-segmen dari komponen struktur. Pada pelaksanaan las, pengelasan tersebut pada setiap deretan yang menyambungkan pelat pengikat harus total tidak kurang dari sepertiga panjang dari pelat. Pada pelaksanaan pembautan, spasi dalam arah tegangan pada pelat-pelat pengikat harus tidak lebih dari enam diameter dan pelat-pelat pengikat harus disambungkan ke setiap segmen melalui sedikitnya tiga pengencang.

Lacing, termasuk batang-batang tulangan rata, baja siku, kanal atau profil-profil lainnya yang digunakan sebagai *lacing*, harus berjarak demikian sehingga rasio L/r dari elemen sayap yang dicakup antara sambungan-sambungannya tidak boleh melebihi tigaperempat dikalikan rasio kelangsingan yang menentukan untuk komponen struktur seperti suatu keseluruhan. *Lacing* harus diproporsikan untuk memberi suatu kekuatan geser yang tegak lurus sumbu dari komponen struktur sama dengan 2 % dari *kekuatan tekan yang tersedia* dari komponen struktur tersebut. Rasio L/r untuk batang tulangan *lacing* yang diatur pada sistem tunggal tidak boleh melebihi 140. Untuk *lacing* ganda rasio ini tidak boleh melebihi 200. Batang tulangan *lacing* ganda harus dihubungkan pada perpotongan tersebut. Untuk batang tulangan *lacing* dalam tekan, L adalah diizinkan untuk diambil sebagai panjang tidak ditumpu dari batang tulangan *lacing* antara las-las atau pengencang yang menyambungkannya ke komponen-komponen dari komponen struktur tersusun untuk *lacing* tunggal, dan 70 % dari jarak yang untuk *lacing* ganda.

Catatan: Inklinasi/kemiringan batang tulangan *lacing* pada sumbu komponen struktur lebih baik tidak kurang dari 60° untuk *lacing* tunggal dan 45° untuk *lacing* ganda. Bila jarak antara deretan las atau pengencang pada sayap lebih dari 15 in. (380 mm), *lacing* sebaiknya ganda atau dibuat dari baja siku.

Untuk persyaratan spasi tambahan, lihat Pasal J3.5.

E7. KOMPONEN STRUKTUR DENGAN ELEMEN LANGSING

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur tekan elemen-langsing, seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk elemen-elemen dalam tekan merata.

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah berdasarkan pada *keadaan batas* dari *tekuk lentur*, *tekuk torsi* dan *tekuk torsi-lentur* yang sesuai.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (\text{E7-1})$$

Tegangan kritis, F_{cr} , harus ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{(a) Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}} \quad \left(\text{atau } \frac{QF_y}{F_e} \leq 2,25 \right) \\ F_{cr} = Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y \end{aligned} \quad (\text{E7-2})$$

$$\begin{aligned} \text{(b) Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}} \quad \left(\text{atau } \frac{QF_y}{F_e} > 2,25 \right) \\ F_{cr} = 0,877 F_e \end{aligned} \quad (\text{E7-3})$$

Keterangan

- F_e = tegangan tekuk elastis, dihitung dengan menggunakan Persamaan E3-4 dan E4-4 untuk komponen struktur simetris ganda, Persamaan E3-4 dan E4-5 untuk komponen struktur simetris tunggal, dan Persamaan E4-6 untuk komponen struktur asimetris, kecuali untuk siku tunggal dengan $b/t \leq 20$, dimana F_e dihitung dengan menggunakan Persamaan E3-4, ksi (MPa).
- Q = faktor reduksi neto yang menghitung untuk semua elemen tekan langsing;
 = 1,0 untuk komponen struktur tanpa elemen langsing, seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1, untuk elemen dalam tekan merata
 = $Q_s Q_a$ untuk komponen struktur dengan *penampang elemen-langsing*, seperti dijelaskan pada Pasal B4.1, untuk elemen dalam tekan merata.

Catatan: Untuk penampang melintang yang hanya terdiri dari elemen langsing tidak diperkaku, Q_s ($Q_a = 1,0$). Untuk penampang melintang yang hanya terdiri dari elemen langsing diperkaku, $Q = Q_a$ ($Q_s = 1,0$). Untuk penampang melintang yang terdiri dari elemen langsing diperkaku dan tidak diperkaku, $Q = Q_s Q_a$. Untuk penampang melintang yang terdiri dari beberapa elemen langsing tidak diperkaku, hal yang konservatif untuk penggunaan Q_s terkecil dari elemen langsing lebih dalam penentuan kekuatan komponen struktur untuk tekan murni.

1. Elemen Langsing Tidak Diperkaku, Q_s

Faktor reduksi Q_s untuk *elemen langsing tidak diperkaku* didefinisikan sebagai berikut:

- (a) Untuk sayap, baja siku, dan pelat yang diproyeksikan dari *kolom* canai panas atau komponen struktur tekan lainnya:

$$(i) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,0 \quad (E7-4)$$

$$(ii) \quad \text{Bila } 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} < 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (E7-5)$$

$$(iii) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} \geq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = \frac{0,69E}{F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (E7-6)$$

- (b) Untuk sayap, baja siku, dan pelat yang diproyeksikan dari kolom profil I tersusun atau komponen struktur tekan lainnya:

$$(i) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} \leq 0,64 \sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,0 \quad (E7-7)$$

$$(ii) \quad \text{Bila } 0,64 \sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,17 \sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,415 - 0,65 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{Ek_c}} \quad (E7-8)$$

$$(iii) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} > 1,17 \sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$$

$$Q_s = \frac{0,90Ek_c}{F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (E7-9)$$

keterangan

b = lebar dari elemen tekan tak-diperkaku, seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1, in. (mm)

$k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$, dan tidak boleh diambil kecil dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk

perhitungan

t = ketebalan elemen, in. (mm)

(c) Untuk siku tunggal

$$(i) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} \leq 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,0 \quad (E7-10)$$

$$(ii) \quad \text{Bila } 0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = 1,34 - 0,76 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (E7-11)$$

$$(iii) \quad \text{Bila } \frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$Q_s = \frac{0,53E}{F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (\text{E7-12})$$

Keterangan

b = lebar total dari kaki terpanjang, in. (mm)

(d) Untuk badan dari T

$$\begin{aligned} \text{(i) Bila } \frac{d}{t} \leq 0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ Q_s = 1,0 \end{aligned} \quad (\text{E7-13})$$

$$\begin{aligned} \text{(ii) Bila } 0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t} \leq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ Q_s = 1,908 - 1,22 \left(\frac{d}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \end{aligned} \quad (\text{E7-14})$$

$$\begin{aligned} \text{(iii) Bila } \frac{d}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ Q_s = \frac{0,69E}{F_y \left(\frac{d}{t} \right)^2} \end{aligned} \quad (\text{E7-15})$$

keterangan

d = tinggi nominal total dari T, in. (mm)

2. Elemen Langsing Diperkaku, Q_a

Faktor reduksi, Q_a , untuk *elemen diperkaku* langsing didefinisikan sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} \quad (\text{E7-16})$$

Keterangan:

A_g = luas bruto penampang melintang komponen struktur, in.² (mm²)

A_e = jumlah dari luas efektif penampang melintang berdasarkan *lebar efektif* tereduksi, b_e , in.² (mm²)

Lebar efektif tereduksi, b_e , yang ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk elemen langsing yang ditekan secara merata, dengan $\frac{b}{t} \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f}}$, kecuali sayap dari penampang bujur sangkar dan persegi ketebalan merata:

$$b_e = 1,92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (\text{E7-17})$$

Keterangan:

f diambil sebagai F_{cr} dengan F_{cr} dihitung berdasarkan $Q = 1,0$.

- (b) Untuk sayap dari *penampang elemen-langsing* bujur sangkar dan persegi ketebalan merata dengan $\frac{b}{t} \geq 1,40 \sqrt{\frac{E}{f}}$:

$$b_e = 1,92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,38}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (\text{E-18})$$

keterangan

$f = P_n / A_e$

Catatan: Sebagai pengganti dari perhitungan $f = P_n / A_e$, yang mengharuskan perulangan, f dapat diambil sama dengan F_y . Ini akan menghasilkan perkiraan yang sedikit konservatif dari *kekuatan tersedia kolom*.

- (c) Untuk penampang bundar yang dibebani secara aksial:

Bila $0,11 \frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} < 0,45 \frac{E}{F_y}$

$$Q = Q_a = \frac{0,038E}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \quad (\text{E7-19})$$

keterangan

D = diameter terluar dari PSB bundar, in. (mm)

t = ketebalan dinding, in. (mm)

BAB F DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK LENTUR

Bab ini diterapkan untuk komponen struktur yang menahan lentur sederhana di satu sumbu utama. Untuk lentur sederhana, komponen struktur dibebani di suatu bidang paralel terhadap sumbu utama yang melewati pusat geser atau yang ditahan terhadap puntir di titik-titik *beban* dan penumpu.

Bab ini disusun sebagai berikut:

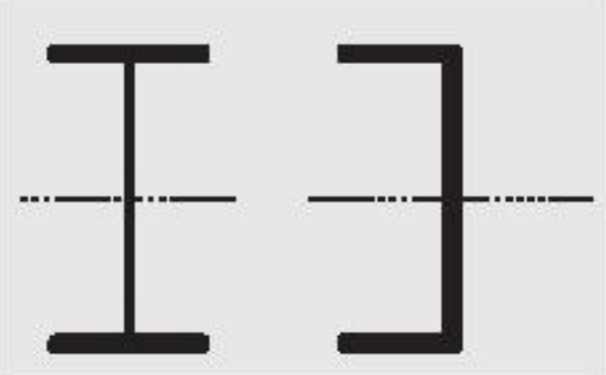

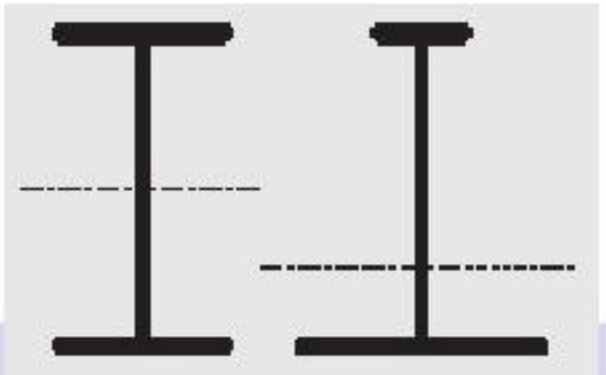

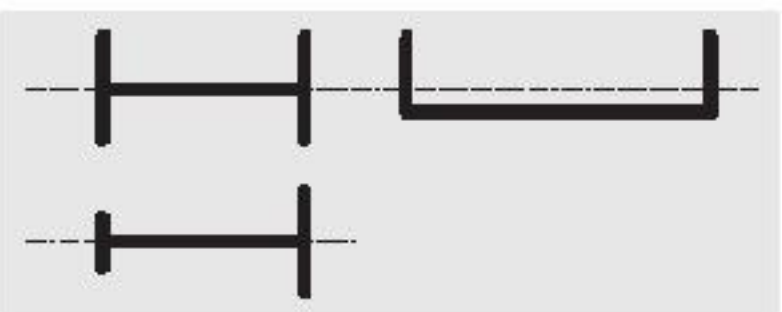
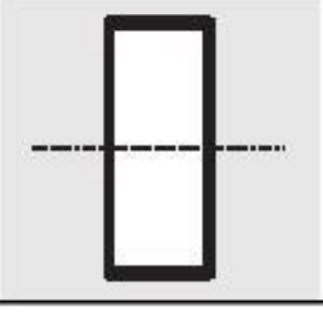
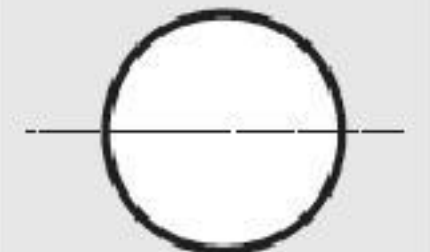
- F1. Ketentuan Umum
- F2. Komponen Struktur Profil I Kompak Simetris Ganda dan Kanal Melengkung di Sumbu Major
- F3. Komponen Struktur Profil I Simetris Ganda dengan Badan Kompak dan Nonkompak atau Sayap Langsing Melengkung di Sumbu Major
- F4. Komponen Struktur Profil I Lainnya dengan Badan Kompak atau Nonkompak Melengkung di Sumbu Major
- F5. Komponen Struktur Profil I Simetris Ganda dan Simetris Tunggal dengan Badan Langsing Melengkung di Sumbu Major
- F6. Komponen Struktur Profil I dan Kanal Melengkung di Sumbu Minor
- F7. PSB Bujur Sangkar dan Persegi dan Komponen Struktur Berbentuk Boks
- F8. PSB Bundar
- F9. T dan Siku Ganda Terbebani pada Bidang Simetris
- F10. Siku Tunggal
- F11. Batang Tulangan Persegi dan Bundar
- F12. Profil-Profil Tidak Simetris
- F13. Proporsi dari Balok dan Gelagar

Catatan: Untuk kasus-kasus yang tidak termasuk dalam bab ini digunakan pasal-pasal berikut:



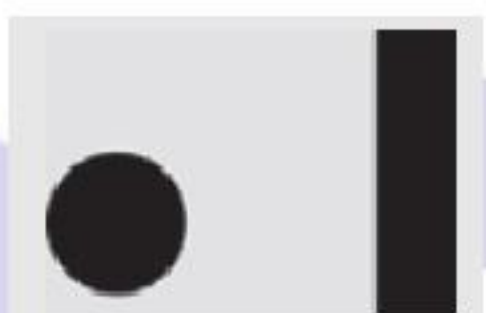
- Bab G. Ketentuan desain untuk geser
- H1-H3. Komponen struktur yang menahan lentur biaksial atau kombinasi lentur dan gaya aksial.
- H4. Komponen struktur yang menahan lentur dan torsi.
- Lampiran 3. Komponen struktur yang menahan fatik.

Untuk panduan dalam penentuan pasal yang sesuai dari bab ini digunakan Tabel Catatan Pengguna F1.1.

Tabel Catatan Pengguna F1.1
Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Keadaan Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFY
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFY
F6		C, NC, S	N/A	Y, FLB
F7		C, NC, S	C, NC	Y, FLB, WLB
F8		N/A	N/A	Y, LB

Tabel Catatan Pengguna F1.1 (lanjutan)

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Keadaan Batas
F9		C, NC, S	N/A	Y, LTB, FLB
F10		N/A	N/A	Y, LTB, LLB
F11		N/A	N/A	Y, LTB
F12	Bentuk Tidak-Simetris, selain siku tunggal	N/A	N/A	Semua keadaan batas

Y = pelelehan, LTB = tekuk torsi-lateral, FLB = tekuk lokal sayap, WLB = tekuk lokal badan, TFY = pelelehan sayap tarik, LLB = tekuk lokal kaki, LB = tekuk lokal, C = kompak, NC = nonkompak, S = langsing

F1. KETENTUAN UMUM

Ketentuan lentur desain, $\phi_b M_n$, dan kekuatan lentur yang diizinkan, M_n / Ω_b , harus ditentukan sebagai berikut:

- (1) Untuk semua ketentuan dalam bab ini

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dan kekuatan lentur nominal, M_n , harus ditentukan sesuai dengan Pasal F2 sampai F13.

- (2) Ketentuan dalam bab ini berdasarkan asumsi bahwa titik-titik penumpu *balok* dan gelagar menahan rotasi di sumbu longitudinalnya.
- (3) Untuk komponen struktur simetris tunggal dalam *lengkungan tunggal* dan semua komponen struktur simetris ganda:

C_b = faktor modifikasi *tekuk torsi-lateral* untuk diagram momen nonmerata bila kedua ujung segmen yang dibreising ditentukan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (F1-1)$$

Keterangan:

- M_{maks} = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)
- M_A = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)
- M_B = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)
- M_C = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)

Untuk kantilever atau overhangs dimana ujung bebas yang tanpa dibreising, $C_b = 1,0$

Catatan: Untuk komponen struktur simetris ganda dengan tanpa beban transversal antara titik-titik breis, Persamaan F1-1 mereduksi sampai 1,0 untuk kasus dari momen ujung yang sama dari tanda yang berlawanan (momen merata), 2,27 untuk kasus dari momen ujung yang sama dari tanda yang sama (lentur *lengkungan terbalik*), dan sampai 1,67 bila satu momen ujung sama dengan nol. Untuk komponen struktur simetris tunggal, analisis untuk C_b yang didetail lebih lanjut dijelaskan pada Penjelasan.

- (4) Pada komponen struktur simetris tunggal yang menahan lentur lengkungan terbalik, *kekuatan tekuk torsi-lateral* harus diperiksa untuk kedua sayap. Kekuatan lentur yang tersedia harus lebih besar dari atau sama dengan momen perlu maksimum yang menyebabkan tekan di sayap diperhitungkan.

F2. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I KOMPAK SIMETRIS GANDA DAN KANAL MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur profil I simetris ganda dan kanal melentur di sumbu major, memiliki badan kompak dan sayap kompak seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk lentur.

Catatan: Semua ASTM A6 berbentuk W, S, M, C dan MC berlaku kecuali W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8,5, dan M4x6 memiliki sayap kompak untuk $F_y = 50$ ksi (345 MPa); semua ASTM A6 berbentuk W, S, M, HP, C dan MC yang berlaku memiliki badan kompak pada $F_y \leq 65$ ksi (450 MPa).

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral.

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (F2-1)$$

keterangan

- F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, ksi (MPa)
- Z_x = modulus penampang plastis di sumbu x, in.³ (mm³)

2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Bila $L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan.

(b) Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{F2-2})$$

(c) $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{F2-3})$$

Keterangan:

L_b = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (\text{F2-4})$$

Keterangan:

E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)

J = konstanta torsi, in.⁴ (mm⁴)

S_x = modulus penampang elastis di sumbu x, in.³ (mm³)

h_o = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

Catatan: Istilah akar pangkat dua pada Persamaan F2-4 dapat secara konservatif diambil sama dengan 1,0.

Catatan: Persamaan F2-3 dan persamaan F2-4 memberi solusi identik terhadap pernyataan yang berikut untuk tekuk torsi-lateral dari penampang simetris ganda yang telah disajikan dalam edisi sebelumnya Spesifikasi DFBK AISC:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_y C_w}$$

Manfaat Persamaan F2-3 dan F2-4 adalah bentuk tersebut sangat serupa dengan pernyataan untuk tekuk torsi-lateral dari penampang simetris tunggal yang diberikan dalam Persamaan F4-4 dan F4-5.

Pembatasan panjang L_p dan L_r ditentukan sebagai berikut:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{F2-5})$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2} \quad (\text{F2-6})$$

dimana

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (\text{F2-7})$$

dan koefisien c ditentukan sebagai berikut:

(a) Untuk profil I simetris ganda: $c = 1$ (F2-8a)

(b) Untuk kanal: $c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$ (F2-8b)

Catatan: Untuk profil I simetris ganda dengan sayap persegi, $C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$ dan Persamaan F2-7 menjadi

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2S_x}$$

r_{ts} boleh diperkirakan secara teliti dan konservatif sebagai radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan:

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}}$$

F3. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I SIMETRIS GANDA DENGAN BADAN KOMPAK DAN NONKOMPAK ATAU SAYAP LANGSING MELENGKUNG PADA SUMBU MAJOR

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur profil I simetris ganda yang melengkung di sumbu major memiliki badan kompak dan nonkompak atau sayap langsing seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk lentur.

Catatan: Profil yang berikut memiliki sayap nonkompak untuk $f_y = 50$ ksi (345 MPa): W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8,5, dan M4x6. Semua ASTM A6 lainnya profil W, S, dan M memiliki sayap kompak untuk $f_y \leq 50$ ksi (345 MPa).

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari tekuk torsi-lateral dan tekuk lokal sayap tekan.

(c) Tekuk Torsi-Lateral

Untuk *tekuk torsi-lateral*, ketentuan Pasal F2.2 harus diterapkan.

2. Tekuk Lokal Sayap Tekan

(d) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (\text{F3-1})$$

(e) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$M_n = \frac{0,9Ek_c S_x}{\lambda^2} \quad (\text{F3-2})$$

Keterangan:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ adalah batasan kelangsingan untuk sayap kompak, Tabel B4.1b

$\lambda_{rf} = \lambda_r$ adalah batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak, Tabel B4.1b

$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ dan tidak boleh diambil kecil dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk tujuan perhitungan

h = jarak seperti didefinisikan dalam Pasal B4.1b, in. (mm)

F4. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I LAINNYA DENGAN BADAN KOMPAK ATAU NONKOMPAK MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur profil I simetris ganda yang melengkung di sumbu major nya dengan badan nonkompak dan komponen struktur profil I simetris tunggal dengan badan-badan yang disambungkan ke tengah-lebar dari sayap, melengkung di sumbu majornya, dengan badan kompak atau nonkompak, seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk lentur.

Catatan: Komponen struktur profil I dalam pasal ini boleh didesain secara konservatif dengan menggunakan Pasal F5.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh* sayap tekan, *tekuk torsi-lateral*, *tekuk lokal* sayap tekan dan leleh sayap tarik.

1. Pelelehan Sayap tekan

$$M_n = R_{pc} M_{yc} = R_{pc} F_y S_{xc} \quad (\text{F4-1})$$

keterangan

M_{yc} = momen leleh pada sayap tekan, kip-in. (N-mm)

2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Bila $L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh diterapkan.

(b) Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_{xc}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc} M_{yc} \quad (\text{F4-2})$$

(c) Bila $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (\text{F4-3})$$

keterangan

$$M_{yc} = F_y S_{xc} \quad (\text{F4-4})$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J}{S_{xc} h_o} \left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \quad (\text{F4-5})$$

Untuk $\frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0,23$, J harus diambil sebesar nol

keterangan

I_{yc} = momen inersia sayap tekan di sumbu y , in.⁴ (mm⁴)

Tegangan, F_L , ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk $\frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0,7$

$$F_L = 0,7 F_y \quad (\text{F4-6a})$$

(ii) Untuk $\frac{S_{xt}}{S_{xc}} < 0,7$

$$F_L = F_y \frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0,5 F_y \quad (\text{F4-6b})$$

Pembatasan panjang tanpa dibreising secara lateral untuk keadaan batas dari leleh, L_p , ditentukan sebagai

$$L_p = 1,1 r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{F4-7})$$

Pembatasan panjang tanpa dibreising untuk keadaan batas tekuk torsi-lateral inelastis, L_r , ditentukan sebagai

$$L_r = 1,95 r_t \frac{E}{F_L} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_{xc} h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{F_L}{E}\right)^2}} \quad (\text{F4-8})$$

Faktor *plastifikasi* badan, R_{pc} , harus ditentukan sebagai berikut:

(i) Bila $I_{yc}/I_y > 0,23$

(a) Bila $\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw}$

$$R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{F4-9a})$$

(b) Bila $\frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw}$

$$R_{pc} = \left[\frac{M_p}{M_{yc}} - \left(\frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{F4-9b})$$

(ii) Bila $I_{yc}/I_y \leq 0,23$

$$R_{pc} = 1,0 \quad (\text{F4-10})$$

Keterangan:

$$M_p = F_y Z_x \leq 1,6 F_y S_{xc}$$

S_{xc}, S_{xt} = modulus penampang elastis untuk sayap tekan dan tarik, in.³ (mm³)

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w}$$

λ_{pw} = λ_p , batasan kelangsingan untuk suatu badan kompak, Tabel B4.1b

λ_{rw} = λ_r , batasan kelangsingan untuk suatu badan nonkompak, Tabel B4.1b

h_c = dua kali jarak dari titik berat terhadap yang berikut: muka bagian dalam dari sayap tekan dikurangi fillet atau radius sudut, untuk profil canai panas; deretan terdekat dari *pengencang* pada sayap tekan atau muka bagian dalam dari sayap tekan bila las yang digunakan, untuk *penampang tersusun*, in. (mm)

Radius girasi efektif untuk tekuk torsi-lateral, r_t , ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk profil I dengan sayap tekan persegi:

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}} \quad (\text{F4-11})$$

Keterangan:

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \quad (F4-12)$$

b_{fc} = lebar sayap tekan, in. (mm)

t_{fc} = ketebalan sayap tekan, in. (mm)

(ii) Untuk profil I dengan suatu tutup kanal atau *pelat penutup* yang disambungkan ke sayap tekan:

r_t = radius girasi komponen sayap dalam tekan lentur ditambah sepertiga dari area badan dalam tekan akibat penerapan sumbu major momen lentur saja, in. (mm)

a_w = rasio dari dua kali luas badan dalam tekan akibat penerapan dari sumbu major momen lentur saja terhadap area dari komponen sayap tekan

Catatan: Untuk profil I dengan sayap tekan persegi, r_t dapat diperkirakan secara teliti dan secara konservatif sebagai radius girasi sayap tekan ditambah sepertiga dari bagian tekan badan; dengan kata lain,

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} a_w \right)}}$$

3. Tekuk Lokal Sayap Tekan

(a) Untuk penampang dengan sayap kompak, *keadaan batas* dari *tekuk lokal* tidak boleh digunakan.

(b) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$M_n = \left[R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_{xc}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (F4-13)$$

(c) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$M_n = \frac{0,9 E k_c S_{xc}}{\lambda^2} \quad (F4-14)$$

keterangan

F_L didefinisikan dalam Persamaan F4-6a dan F4-6b

R_{pc} = faktor *plastifikasi* badan, ditentukan oleh Persamaan F4-9

$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ dan tidak boleh diambil kecil dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk tujuan perhitungan

$$\lambda = \frac{b_{fc}}{2 t_{fc}}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$, batasan kelangsingan untuk sayap kompak, Tabel B4.1b

$\lambda_{rf} = \lambda_r$, batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak, Tabel B4.1b

4. Leleh Sayap Tarik

(a) Bila $S_{xt} \geq S_{xc}$, keadaan batas dari leleh sayap tarik tidak diterapkan.

(b) Bila $S_{xt} < S_{xc}$

$$M_n = R_{pt} M_{yt} \quad (\text{F4-15})$$

dimana

$$M_{yt} = F_y S_{xt}$$

Faktor plastifikasi badan yang sesuai dengan keadaan batas leleh sayap tarik, R_{pt} , ditentukan sebagai berikut:

(i) Bila $\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw}$

$$R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{F4-16a})$$

(ii) Bila $\frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw}$

$$R_{pt} = \left[\frac{M_p}{M_{yt}} - \left(\frac{M_p}{M_{yt}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{F4-16b})$$

keterangan

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w}$$

$\lambda_{pw} = \lambda_p$, batasan kelangsingan untuk badan kompak, didefinisikan dalam Tabel B4.1b

$\lambda_{rw} = \lambda_r$, batasan kelangsingan untuk badan nonkompak, didefinisikan dalam Tabel B4.1b

F5. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I SIMETRIS GANDA DAN SIMETRIS TUNGGA DENGAN BADAN LANGSING MELENGKUNG DI SUMBU MAJOR

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur profil I simetris ganda dan simetris tunggal dengan badan langsing yang disambungkan pada tengah-lebar dari sayap, melengkung di sumbu majornya seperti didefinisikan dalam Pasal B4.1 untuk lentur.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh sayap tekan, tekuk torsi-lateral, tekuk lokal sayap tekan dan leleh sayap tarik.

1. Leleh Sayap Tekan

$$M_n = R_{pg} F_y S_{xc} \quad (F5-1)$$

2. Tekuk Torsi-Lateral

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} \quad (F5-2)$$

(a) Bila $L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan.

(b) Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$F_{cr} = C_b \left[F_y - (0,3F_y) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq F_y \quad (F5-3)$$

(c) Bila $L_b > L_r$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \leq F_y \quad (F5-4)$$

keterangan

L_p didefinisikan oleh Persamaan F4-7

$$L_r = \pi r_t \sqrt{\frac{E}{0,7F_y}}$$

R_{pg} adalah faktor reduksi kekuatan lentur ditentukan sebagai berikut:

$$R_{pg} = 1 - \frac{a_w}{1200 + 300a_w} \left(\frac{h_c}{t_w} - 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right) \leq 1,0 \quad (F5-6)$$

keterangan

a_w didefinisikan oleh Persamaan F4-12 tetapi tidak boleh melebihi 10

r_t adalah radius girasi efektif untuk tekuk lateral seperti didefinisikan dalam Pasal F4

3. Tekuk Lokal Sayap Tekan

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} \quad (F5-7)$$

(a) Untuk penampang dengan sayap kompak, keadaan batas dari tekuk lokal sayap tekan tidak boleh digunakan.

(b) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$F_{cr} = \left[F_y - (0,3F_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (F5-8)$$

- (c) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$F_{cr} = \frac{0,9Ek_c}{\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)^2} \quad (\text{F5-9})$$

keterangan

$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ dan tidak boleh diambil kecil dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk tujuan perhitungan

$$\lambda = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$, batasan kelangsingan untuk sayap kompak, Tabel B4.1b

$\lambda_{rf} = \lambda_r$, batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak, Tabel B4.1b

4. Leleh Sayap Tarik

- (a) Bila $S_{xt} \geq S_{xc}$, keadaan batas dari leleh sayap tarik tidak diterapkan.

- (b) Bila $S_{xt} < S_{xc}$

$$M_n = F_y S_{xt} \quad (\text{F5-10})$$

F6. KOMPONEN STRUKTUR PROFIL I DAN KANAL MELENGKUNG DI SUMBU MINORNYA

Pasal ini diterapkan untuk komponen struktur profil I dan kanal yang melengkung di sumbu minornya.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) dan tekuk lokal sayap.

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1,6 F_y S_y \quad (\text{F6-1})$$

2. Tekuk Lokal Sayap

- (a) Untuk penampang dengan sayap kompak, keadaan batas dari tekuk lokal sayap tidak diterapkan.

Catatan: Semua ASTM A6 yang berlaku, profil W, S, M, C dan MC kecuali W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8,5, dan M4x6 memiliki sayap kompak pada $F_y = 50$ ksi (345 MPa).

- (b) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (\text{F6-2})$$

(c) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$M_n = F_{cr} S_y \quad (\text{F6-3})$$

keterangan

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{\left(\frac{b}{t_f} \right)^2} \quad (\text{F6-4})$$

$$\lambda = \frac{b}{t}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$, batasan kelangsingan untuk sayap kompak, Tabel B4.1b

$\lambda_{rf} = \lambda_r$, batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak, Tabel B4.1b

b = untuk sayap dari komponen struktur profil I, setengah lebar sayap total, b_f , untuk sayap dari kanal, *dimensi nominal* dari sayap, in. (mm)

t_f = ketebalan dari sayap, in. (mm)

S_y = untuk penampang elastis yang diambil di sumbu y , in.³ (mm³); untuk suatu kanal, modulus penampang minimum

F7. PSB BUJUR SANGKAR DAN PERSEGI DAN KOMPONEN STRUKTUR BERBENTUK BOKS

Pasal ini diterapkan untuk *PSB* bujur sangkar dan persegi, dan komponen struktur berbentuk boks simetris ganda yang melengkung di salah satu sumbu, memiliki badan kompak atau nonkompak dan sayap kompak, nonkompak atau langsing seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1 untuk lentur.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh (momen plastis)*, *tekuk lokal* sayap dan tekuk lokal badan akibat lentur murni.

Catatan: PSB persegi sangat panjang melengkung di sumbu major yang menahan *tekuk torsi-lateral*; tetapi, Spesifikasi tidak memberikan persamaan kekuatan untuk keadaan batas karena lendutan *balok* akan mengontrol semua kasus yang masuk akal.

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (\text{F7-1})$$

keterangan

Z = modulus penampang plastis di sumbu lentur, in.³ (mm³)

2. Tekuk Lokal Sayap

(a) Untuk *penampang kompak*, *keadaan batas* dari *tekuk lokal* sayap tidak diterapkan.

- (b) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left(3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4,0 \right) \leq M_p \quad (\text{F7-2})$$

- (c) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$M_n = F_y S_e \quad (\text{F7-3})$$

keterangan

S_e = modulus penampang efektif ditentukan dengan lebar efektif, b_e , dari sayap tekan diambil sebesar:

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 - \frac{0,38}{b / t_f} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (\text{F7-4})$$

3. Tekuk Lokal Badan

- (a) Untuk penampang kompak, keadaan batas dari tekuk lokal badan tidak diterapkan.
- (b) Untuk penampang dengan badan nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S_x) \left(0,305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0,738 \right) \leq M_p \quad (\text{F7-5})$$

F8. PSB BUNDAR

Pasal ini diterapkan untuk PSB bundar yang memiliki rasio D / t kurang dari $\frac{0,45E}{F_y}$.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) dan tekuk lokal.

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (\text{F8-1})$$

2. Tekuk Lokal

- (a) Untuk penampang kompak, keadaan batas dari tekuk lokal sayap tidak diterapkan.
- (b) Untuk penampang nonkompak

$$M_n = \left(\frac{0,021E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S \quad (\text{F8-2})$$

(c) Untuk penampang dengan dinding langsing

$$M_n = F_{cr} S \quad (\text{F8-3})$$

keterangan

$$F_{cr} = \frac{0,33E}{\frac{D}{t}}$$

S = modulus penampang elastis, in.³ (mm³)
 t = ketebalan dari dinding, in. (mm)

F9. T DAN SIKU GANDA YANG DIBEKANI DALAM BIDANG SIMETRIS

Pasal ini diterapkan untuk T dan siku ganda yang dibebani dalam bidang simetris.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*), tekuk torsi-lateral dan tekuk lokal sayap, dan tekuk lokal dari badan T.

1. Pelelehan

$$M_n = M_p \quad (\text{F9-1})$$

Keterangan

(a) Untuk badan dalam tarik

$$M_p = F_y Z_x \leq 1,6 M_y \quad (\text{F9-2})$$

(b) Untuk badan dalam tekan

$$M_p = F_y Z_x \leq M_y \quad (\text{F9-3})$$

2. Tekuk Torsi-Lateral

$$M_n = M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{E I_y G J}}{L_b} \left[B + \sqrt{1 + B^2} \right] \quad (\text{F9-4})$$

dimana

$$B = \pm 2,3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}} \quad (\text{F9-5})$$

Tanda tambah untuk B diterapkan bila *badan* adalah dalam tarik dan tanda kurang diterapkan bila *badan* adalah dalam tekan. Jika ujung *badan* adalah dalam tekan dimanapun sepanjang *panjang tanpa dibreising*, nilai negatif dari B harus digunakan.

3. Tekuk Lokal Sayap T

- (a) Untuk penampang dengan sayap kompak dalam tekan lentur, *keadaan batas* dari *tekuk lokal* sayap tidak diterapkan.
- (b) Untuk penampang dengan sayap nonkompak dalam tekan lentur

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_{xc}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \leq 1,6M_y \quad (\text{F9-6})$$

- (c) Untuk penampang dengan sayap langsing dalam tekan lentur

$$M_n = \frac{0,7ES_{xc}}{\left(\frac{b_f}{2t_f} \right)^2} \quad (\text{F9-7})$$

keterangan

S_{xc} = modulus penampang elastis untuk sayap tekan, in.³ (mm³)

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$, batasan kelangsingan untuk sayap kompak, Tabel B4.1b

$\lambda_{rf} = \lambda_r$, batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak, Tabel B4.1b

Catatan: Untuk siku ganda dengan kaki-kaki sayap dalam tekan, M_n berdasarkan pada tekuk lokal adalah untuk menentukan penggunaan ketentuan Pasal F10.3 dengan b/t dari kaki-kaki sayap dan Persamaan F10-1 sebagai suatu batas atas.

4. Tekuk Lokal dari Badan T pada Tekan Lentur

$$M_n = F_{cr} S_x \quad (\text{F9-8})$$

Keterangan

S_x = modulus penampang elastis, in.³ (mm³)

Tegangan kritis, F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$(a) \quad \text{Bila } \frac{d}{t_w} \leq 0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = F_y \quad (\text{F9-9})$$

$$(b) \quad \text{Bila } 0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t_w} \leq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = \left[2,55 - 1,84 \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] F_y \quad (\text{F9-10})$$

(c) Bila $\frac{d}{t_w} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{\left(\frac{d}{t_w} \right)^2} \quad (\text{F9-11})$$

Catatan: Untuk siku ganda dengan kaki-kaki badan dalam tekan, M_n , berdasarkan pada *tekuk lokal* yang menentukan penggunaan ketentuan Pasal F10.3 dengan b/t dari kaki-kaki badan dan Persamaan F10-1 sebagai suatu batas atas.

F10. SIKU TUNGGAL

Pasal ini diterapkan untuk siku tunggal dengan dan tanpa pengekang lateral menerus sepanjang panjangnya.

Siku tunggal dengan pengekang torsi-lateral menerus sepanjang panjang yang diizinkan untuk didesain berdasarkan *sumbu geometris* lentur (x, y). Siku tunggal tanpa pengekang torsi-lateral menerus sepanjang panjang tersebut harus didesain menggunakan ketentuan untuk *sumbu utama* lentur kecuali dimana ketentuan untuk lentur di suatu sumbu geometris adalah diizinkan.

Jika resultan momen memiliki komponen di kedua sumbu utama, dengan atau tanpa *beban* aksial, atau momen tersebut berada di satu sumbu utama dan ada beban aksial, kombinasi rasio *tegangan* harus ditentukan menggunakan ketentuan Pasal H2.

Catatan: Untuk perancangan sumbu geometris, gunakan properti penampang yang dihitung di sumbu x dan y dari baja siku, paralel dan tegak lurus terhadap kaki-kaki. Untuk perancangan sumbu utama, gunakan properti penampang yang dihitung di sumbu utama major dan minor dari baja siku.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh (momen plastis)*, *tekuk torsi-lateral*, dan *tekuk lokal* kaki siku.

Catatan: Untuk lentur di sumbu minor, hanya keadaan batas dari leleh dan tekuk lokal kaki siku yang diterapkan.

1. Pelelehan

$$M_n = 1,5M_y \quad (\text{F10-1})$$

keterangan

M_y = *momen leleh* di sumbu lentur, kip-in. (N-mm)

2. Tekuk Torsi-Lateral

Untuk siku tunggal tanpa pengekang torsi-lateral menerus sepanjang panjang

(a) Bila $M_e \leq M_y$

$$M_n = \left(0,92 - \frac{0,17 M_e}{M_y} \right) M_e \quad (\text{F10-2})$$

(b) Bila $M_e > M_y$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5 M_y \quad (\text{F10-3})$$

M_e adalah momen *tekuk lateral-torsi* elastis, ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk lentur di sumbu utama major dari baja siku kaki-sama:

$$M_e = \frac{0,46 E b^2 t^2 C_b}{L_b} \quad (\text{F10-4})$$

(ii) Untuk lentur di sumbu utama major dari baja siku kaki-tak sama:

$$M_e = \frac{4,9 E I_z C_b}{L_b^2} \left(\sqrt{\beta_w^2 + 0,052 \left(\frac{L_b t}{r_z} \right)^2} + \beta_w \right) \quad (\text{F10-5})$$

keterangan

C_b dihitung dengan menggunakan Persamaan F1-1 dengan nilai maksimum 1,5

L_b = panjang tanpa *dibreising* secara lateral dari komponen struktur, in. (mm)

I_z = momen inersia sumbu utama minor, in.⁴ (mm⁴)

r_z = radius girasi di sumbu utama minor, in. (mm)

t = ketebalan kaki siku, in. (mm)

β_w = properti penampang untuk baja siku kaki tak-sama, positif untuk kaki pendek dalam tekan dan negatif untuk kaki panjang dalam tekan. Jika kaki panjang adalah dalam tekan di sepanjang panjang tidak *dibreising* dari komponen struktur, nilai negatif β_w harus digunakan.

Catatan: Persamaan untuk β_w dan nilai untuk ukuran siku biasa dijelaskan di Penjelasan.

(iii) Untuk momen lentur di satu *sumbu geometris* dari siku sama kaki dengan tanpa gaya tekan aksial

(a) Dengan pengeangan torsi-lateral:

(i) Dengan tekan maksimum pada bagian ujung (*toe*)

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L_b^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{L_b t}{b^2} \right)^2} - 1 \right) \quad (\text{F10-6a})$$

(ii) Dengan tarik maksimum pada bagian ujung (*toe*)

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L_b^2} \left(\sqrt{1 + 0,78 \left(\frac{L_b t}{b^2} \right)^2} + 1 \right) \quad (\text{F10-6b})$$

M_y harus diambil sebagai 0,80 dikalikan *momen leleh* dihitung menggunakan modulus penampang geometris.

keterangan

b = lebar total dari kaki dalam tekan, in. (mm)

Catatan: M_n boleh diambil sebagai M_y untuk siku tunggal dengan ujung kaki vertikal dalam tekan, dan memiliki rasio kedalaman-terhadap-panjang bentang kurang dari atau sama dengan

$$M_e = \frac{1,64 E}{F_y} \sqrt{\left(\frac{t}{b} \right) - 1,4} \frac{F_y}{E}$$

(b) Dan dengan pengekanan torsi-lateral di titik hanya momen maksimum:

M_e harus diambil 1,25 kali M_e yang dihitung menggunakan Persamaan F10-6a atau F10-6b.

M_y harus diambil sebagai momen leleh yang dihitung menggunakan modulus penampang geometris.

3. Tekuk lokal kaki

Keadaan batas dari tekuk lokal kaki yang digunakan bila bagian ujung kaki (*toe*) adalah dalam kondisi tekan.

(a) Untuk *penampang kompak*, keadaan batas dari tekuk lokal kaki tidak boleh digunakan.

(b) Untuk penampang dengan kaki nonkompak:

$$M_n = F_y S_c \left(2,43 - 1,72 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right) \quad (\text{F10-7})$$

(c) Untuk penampang dengan kaki langsing

$$M_n = F_{cr} S_c \quad (\text{F10-8})$$

keterangan

$$F_{cr} = \frac{0,71 E}{\left(\frac{b}{t} \right)^2}$$

S_c = modulus penampang elastis pada bagian ujung (*toe*) dalam tekan relatif terhadap sumbu lentur, in.³ (mm³). Untuk lentur di satu dari *sumbu geometri* dari suatu siku kaki-sama dengan tanpa pengekan torsi-lateral, S_c harus 0,80 dari modulus penampang sumbu geometris.

F11. BATANG TULANGAN PERSEGI DAN BUNDAR

Pasal ini diterapkan untuk batang tulangan persegi dan bundar yang melengkung di *sumbu geometris*.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral*.

1. Pelelehan

Untuk batang tulangan persegi dengan $\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0,08 E}{F_y}$ melengkung di sumbu major, batang tulangan persegi dan bundar yang melengkung di sumbu minor:

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1,6 M_y \quad (\text{F11-1})$$

2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Untuk batang tulangan persegi dengan $\frac{0,08 E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1,9 E}{F_y}$ yang melengkung di sumbu major:

$$M_n = C_b \left[1,52 - 0,274 \left(\frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p \quad (\text{F11-2})$$

(b) Untuk batang tulangan persegi dengan $\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1,9 E}{F_y}$ yang melengkung di sumbu major:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{F11-3})$$

keterangan

$$F_{cr} = \frac{1,9 E C_b}{\frac{L_b d}{t^2}} \quad (\text{F11-4})$$

L_b = panjang antara titik-titik yang dibreising melawan perpindahan lateral dari daerah tekan atau antara titik-titik yang dibreising untuk mencegah puntir penampang melintang, in. (mm)

d = tinggi batang tulangan persegi, in. (mm)

t = lebar batang tulangan persegi paralel terhadap sumbu lentur, in. (mm)

(c) Untuk batang tulangan bundar dan persegi yang melengkung di sumbu minor, *keadaan batas dari tekuk torsi-lateral* tidak perlu diperhitungkan.

F12. PROFIL-PROFIL TIDAK SIMETRIS

Pasal ini diterapkan untuk semua profil asimetris, kecuali siku tunggal.

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen leleh*), tekuk torsi-lateral dan tekuk lokal dimana

$$M_n = F_n S_{min} \quad (F12-1)$$

keterangan

S_{min} = modulus penampang elastis terendah relatif pada sumbu lentur, in.³ (mm³)

1. Pelelehan

$$F_n = F_y \quad (F12-2)$$

2. Tekuk Torsi-Lateral

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (F12-3)$$

keterangan

F_{cr} = tegangan tekuk torsi-lateral untuk penampang seperti ditentukan oleh analisis, ksi (MPa)

Catatan: Dalam kasus komponen struktur berbentuk Z, disarankan bahwa F_{cr} diambil sebesar $0,5F_{cr}$ dari suatu kanal dengan properti sayap dan badan yang sama.

3. Tekuk lokal

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (F12-4)$$

keterangan

F_{cr} = tegangan tekuk lokal untuk penampang seperti ditentukan oleh analisis, ksi (MPa)

F13. PROPORSI BALOK DAN GELAGAR

1. Reduksi Kekuatan untuk Komponen Struktur Dengan Lubang-Lubang pada Sayap Tarik

Pasal ini diterapkan untuk *profil* canai panas atau *profil tersusun* dan *balok* berpelat penguat dengan lubang-lubang, diproporsikan berdasarkan kekuatan lentur penampang bruto.

Selain *keadaan batas* yang disyaratkan dalam pasal lain dari bab ini, *kekuatan lentur nominal*, M_n , harus dibatasi sesuai dengan keadaan batas *keruntuhan tarik* dari ketegangan sayap.

(a) Untuk $F_u A_{fn} \geq Y_t F_y A_{fg}$, keadaan batas dari keruntuhan tarik tidak diterapkan.

(b) Untuk $F_u A_{fn} < Y_t F_y A_{fg}$, kekuatan lentur nominal, M_n , di lokasi dari lubang-lubang dalam ketegangan sayap tidak boleh diambil lebih besar dari:

$$M_n = \frac{F_u A_{fn}}{A_{fg}} S_x \quad (F13-1)$$

keterangan

A_{fg} = luas bruto sayap tarik, dihitung menurut ketentuan Pasal B4.3a, in.² (mm²)

A_{fn} = *luas neto* sayap tarik, dihitung menurut ketentuan Pasal B4.3b, in.² (mm²)

Y_t = 1,0 untuk $F_y/F_u \leq 0,8$

= 1,1 dalam keadaan lain

2. Batas Proporsi untuk Komponen Struktur Profil I

Komponen struktur profil I simetris tunggal harus memenuhi batas yang berikut:

$$0,1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0,9 \quad (\text{F13-2})$$

Komponen struktur profil I dengan badan langsing juga harus memenuhi batas yang berikut:

(a) Bila $\frac{a}{h} \leq 1,5$

$$\left(\frac{h}{t_w} \right)_{maks} = 12,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{F13-3})$$

(b) Bila $\frac{a}{h} > 1,5$

$$\left(\frac{h}{t_w} \right)_{maks} = \frac{0,40 E}{F_y} \quad (\text{F13-4})$$

keterangan

a = jarak bersih antara *pengaku transversal*, in. (mm)

Pada gelagar tidak diperkaku h/t_w tidak boleh melebihi 260. Rasio dari luas badan terhadap luas sayap tekan tidak melebihi 10.

3. Pelat Penutup

Sayap *balok* yang dilas atau gelagar dapat bervariasi dalam ketebalan atau lebar dengan splicing suatu rangkaian dari pelat-pelat atau oleh penggunaan dari *pelat-pelat penutup*.

Luas penampang total pelat penutup dari gelagar yang dibaut tidak boleh melebihi 70 % dari luas sayap total.

Baut kekuatan tinggi atau las yang menyambungkan sayap ke badan, atau pelat penutup ke sayap, harus diproporsikan untuk menahan *geser horizontal* total yang dihasilkan dari *gaya* lentur pada gelagar. Distribusi longitudinal dari baut-baut ini atau las-las berselang-seling harus dalam proporsi terhadap intensitas dari geser.

Namun, spasi longitudinal tidak boleh melebihi maksimum yang disyaratkan untuk komponen struktur tekan atau tarik pada Pasal E6 atau D4. Baut atau las yang menyambungkan sayap ke badan juga harus diproporsikan untuk menyalurkan ke

badan setiap *beban* yang digunakan secara langsung terhadap sayap, kecuali ketentuan dibuat untuk menyalurkan beban tersebut melalui *tumpuan* langsung.

Pelat-pelat penutup panjang-sebagian harus diperpanjang di luar titik potong teoretis dan bagian yang diperpanjang harus disambungkan ke balok atau gelagar melalui baut kekuatan-tinggi dalam *sambungan* kritis-slip atau *las sudut*. Pengikatan harus cukup, pada kekuatan berlaku yang diberikan dalam Pasal J2.2, J3.8 atau B3.11 untuk mengembangkan kekuatan lentur bagian pelat penutup dalam balok atau gelagar pada titik potong teoretis.

Untuk pelat penutup yang dilas, las-las yang menyambungkan penghentian pelat penutup ke balok atau gelagar harus memiliki las menerus sepanjang kedua tepi dari pelat penutup dalam panjang a' , dijelaskan di bawah, dan harus cukup untuk mengembangkan *kekuatan yang tersedia* bagian pelat penutup dari balok atau gelagar di jarak a' dari ujung pelat penutup.

- (a) Bila ada las menerus sama dengan atau lebih besar dari tiga-perempat dari ketebalan pelat di ujung pelat

$$a' = w \quad (F13-5)$$

keterangan

W = lebar pelat penutup, in. (mm)

- (b) Bila ada las menerus lebih kecil dari tiga-perempat dari ketebalan pelat di ujung pelat

$$a' = 1,5w \quad (F13-6)$$

- (c) Bila tidak ada las di ujung pelat

$$a' = 2w$$

4. Balok Tersusun

Bila dua atau lebih *balok* atau kanal digunakan sisi-dengan-sisi membentuk suatu komponen struktur lentur, balok atau kanal tersebut harus disambungkan satu sama lain sesuai dengan Pasal E6.2. Bila *beban* terpusat ditahan satu balok dengan lainnya atau didistribusikan antara balok-balok, *diafragma* yang memiliki *kekakuan* yang cukup untuk mendistribusikan beban harus di las atau di baut antara balok-balok.

5. Panjang Tanpa Berbreis untuk Redistribusi Momen

Untuk redistribusi momen di *balok-balok* sesuai dengan Pasal B3.7, *panjang tanpa berbreis* lateral, L_b , dari sayap tekan yang berdekatan dengan redistribusi lokasi momen ujung tidak boleh melebihi L_m yang ditentukan sebagai berikut.

- (a) Untuk balok profil I simetris ganda dan simetris tunggal dengan sayap tekan sama dengan atau lebih besar dari sayap tarik yang dibebani pada bidang badan:

$$L_m = \left[0,12 + 0,076 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (F13-8)$$

- (b) Untuk batang tulangan persegi pejal dan balok boks simetris yang melengkung di sumbu majornya:

$$L_m = \left[0,17 + 0,10 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \geq 0,10 \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{F13-9})$$

keterangan

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan sayap tekan, ksi (MPa)

M_1 = momen terkecil di ujung dari panjang tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)

M_2 = momen terbesar di ujung dari panjang tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)

r_y = radius girasi di sumbu y, in. (mm)

(M_1/M_2) adalah positif bila momen menyebabkan *lengkungan terbalik* dan negatif untuk *lengkungan tunggal*

Tak ada batas pada L_b untuk komponen struktur dengan penampang bundar atau bujur sangkar atau untuk setiap balok yang melengkung di sumbu minornya.



BAB G DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK GESER

Bab ini membahas badan komponen struktur simetris tunggal atau ganda yang menahan geser pada bidang badan, siku tunggal dan penampang *PSB*, dan geser pada arah sumbu minor dari profil simetris tunggal atau ganda.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- G1. Ketentuan Umum
- G2. Komponen Struktur dengan Badan Tidak Diperkaku atau Diperkaku
- G3. Aksi Medan Tarik
- G4. Siku Tunggal
- G5. Komponen Struktur PSB Persegi dan Berbentuk Boks
- G6. PSB Bundar
- G7. Geser Sumbu Lemah pada Profil Simetris Ganda dan Tunggal
- G8. Balok dan Gelagar dengan Bukaannya pada Badan

Catatan:

Untuk kasus yang tidak termasuk dalam bab ini, berlaku pasal berikut:

- H3.3 Profil asimetris
- J4.2 Kekuatan geser dari elemen penyambung
- J10.6 Geser pada *zona panel* badan

G1. KETENTUAN UMUM

Dua metode untuk menghitung kekuatan geser disajikan di bawah ini. Metode yang dijelaskan dalam Pasal G2 tidak menggunakan *kekuatan* pasca *tekuk* komponen struktur (*aksi medan tarik*). Metode yang dijelaskan dalam Pasal G3 menggunakan aksi medan tarik.

Kekuatan geser desain, $\phi_v V_n$, dan *kekuatan geser izin*, V_n/Ω_v , harus ditentukan sebagai berikut:

Untuk seluruh ketentuan dalam bab ini kecuali Pasal G2.1(a):

$$\phi_v = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_v = 1,67 \text{ (DKI)}$$

G2. KOMPONEN STRUKTUR DENGAN BADAN TIDAK DIPERKAKU ATAU DIPERKAKU

1. Kekuatan Geser

Pasal ini diterapkan untuk badan dari komponen struktur simetris tunggal atau ganda dan kanal yang menahan geser dalam bidang badan.

Kekuatan geser nominal, V_n , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut *keadaan batas* dari *pelelehan geser* dan *tekuk geser*, adalah

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (G2-1)$$

(a) Untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan $h/t_w \leq 2,24\sqrt{E/F_y}$:

$$\phi_v = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_v = 1,50 \text{ (DKI)}$$

dan

$$C_v = 1,0 \quad (G2-2)$$

Catatan: Seluruh profil ASTM A6 W, S dan HP kecuali W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 dan W12x14 yang memenuhi kriteria yang dinyatakan dalam Pasal G2.1(a) untuk $F_y = 50$ ksi (345 MPa).

(b) Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan profil simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar, koefisien geser badan, C_v , ditentukan sebagai berikut:

(i) Bila $h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = 1,0 \quad (G2-3)$$

(ii) Bila $1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h/t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h/t_w} \quad (G2-4)$$

(iii) Bila $h/t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h/t_w)^2 F_y} \quad (G2-5)$$

keterangan

A_w = luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan dengan ketebalan badan, dt_w , in.² (mm²)

h = untuk profil canai panas, jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut atau las sudut

= untuk penampang tersusun yang dilas, jarak bersih antara sayap, in. (mm)

= untuk penampang tersusun yang dibaut, jarak antara sumbu *pengencang*, in. (mm)

= untuk profil T, tinggi keseluruhan, in. (mm)

t_w = ketebalan badan, in. (mm)

Koefisien *tekuk geser* pelat badan, k_v , ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk badan tanpa *pengaku transversal* dan dengan $h/t_w < 260$:

$$k_v = 5$$

kecuali untuk badan profil **T** dimana $k_v = 1,2$.

(ii) Untuk badan dengan pengaku transversal:

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (G2-6)$$

$$= 5 \text{ bila } a/h > 3,0 \text{ atau } a/h > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$$

keterangan

a = jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)

Catatan: Untuk seluruh profil ASTM A6 W, S, M dan HP kecuali M12,5x12,4, M12,5x11,6, M12x11,8, M12x10,8, M12x10, M10x8, dan M10x7,5, dengan $F_y = 50$ ksi (345 MPa), $C_v = 1,0$.

2. Pengaku Transversal

Pengaku transversal tidak diperlukan bila $h/t_w \leq 2,46\sqrt{E/F_y}$, atau bila kekuatan geser yang tersedia menurut Pasal G2.1 untuk $k_v = 5$ lebih besar dari *kekuatan geser perlu*.

Momen inersia, I_{st} , dari pengaku transversal yang digunakan untuk mengembangkan kekuatan geser badan yang tersedia, seperti diberikan dalam Pasal G2.1, di suatu sumbu di pusat badan untuk pasangan pengaku atau terhadap muka kontak dengan pelat badan untuk pengaku tunggal, harus memenuhi persyaratan berikut

$$I_{st} \geq b t_w^3 j \quad (G2-7)$$

$$j = \frac{2,5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0,5 \quad (G2-8)$$

Keterangan:

b adalah nilai terkecil dari dimensi a dan h

Pengaku transversal diizinkan dihentikan dekat sayap tarik, *penumpu* yang tersedia tidak diperlukan untuk menyalurkan *beban* terpusat atau reaksi. Las dimana pengaku transversal melekat pada badan harus dihentikan tidak kurang dari empat kali atau lebih dari enam kali tebal badan dari kaki dekat dengan las badan-ke-sayap. Bila pengaku tunggal digunakan, pengaku tersebut harus dilekatkan pada sayap tekan, jika pengaku terdiri dari pelat persegi, untuk menahan setiap kecenderungan mengangkat akibat torsi pada sayap.

Baut-baut yang menyambungkan pengaku ke badan gelagar harus berspasi antar pusat tidak lebih dari 12 in. (305 mm). Jika digunakan *las sudut* berselang, jarak bersih antara las tidak boleh lebih dari 16 kali ketebalan badan atau lebih dari 10 in. (250 mm).

G3. AKSI MEDAN TARIK

1. Batas Penggunaan dari Aksi Medan Tarik

Perhitungan *aksi medan tarik* diizinkan untuk komponen struktur bersayap bila pelat badan didukung pada empat sisi oleh sayap-sayap atau *pengaku-pengaku*. Perhitungan aksi medan tarik tidak diizinkan:

- (a) untuk *panel ujung* pada seluruh komponen struktur dengan *pengaku transversal*;
- (b) bila a/h melebihi 3,0 atau $[260/(h/t_w)]^2$;
- (c) bila $2A_w / (A_{fc} + A_{ft}) > 2,5$; atau
- (d) bila h/b_{fc} atau $h/b_{ft} > 6,0$

Keterangan

A_{fc} = luas sayap tekan, in.² (mm²)

A_{ft} = luas sayap tarik, in.² (mm²)

b_{fc} = lebar sayap tekan, in.² (mm²)

b_{ft} = lebar sayap tarik, in. (mm)

Pada kasus ini, *kekuatan geser nominal*, V_n , harus ditentukan menurut Pasal G2.

2. Kekuatan Geser Dengan Aksi Medan Tarik

Bila *aksi medan tarik* diizinkan sesuai Pasal G3.1, kekuatan geser nominal, V_n , dengan aksi medan tarik, menurut *keadaan batas* dari *pelelehan* medan tarik, harus

- (a) Untuk $h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$

$$V_n = 0,6F_y A_w \quad (G3-1)$$

- (b) Untuk $h/t_w > 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$

$$V_n = 0,6F_y A_w \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1,15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \quad (G3-2)$$

Keterangan

k_v dan C_v adalah seperti dijelaskan dalam Pasal G2.1.

3. Pengaku Transversal

Pengaku transversal yang menahan *aksi medan tarik* harus memenuhi persyaratan Pasal G2.2 dan batasan yang berikut:

$$(1) \quad (b/t)_{st} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}} \quad (G3-3)$$

$$(2) \quad I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left[\frac{V_r - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}} \right] \quad (G3-4)$$

Keterangan

$(b/t)_{st}$ = rasio lebar-terhadap-tebal *pengaku*

F_{yst} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material *pengaku*, ksi (MPa)

I_{st} = momen inersia *pengaku* transversal terhadap sumbu di pusat badan untuk pasangan *pengaku*, atau terhadap muka kontak dengan pelat badan untuk *pengaku* tunggal, in.⁴ (mm⁴)

I_{st1} = momen inersia minimum *pengaku* transversal yang diperlukan untuk pengembangan ketahanan *tekuk* geser badan dalam Pasal G2.2, in.⁴ (mm⁴)

I_{st2} = momen inersia minimum dari *pengaku* transversal yang diperlukan untuk pengembangan *tekuk* geser badan penuh ditambah ketahanan medan tarik badan, $V_r = V_{c2}$, in.⁴ (mm⁴)

$$= \frac{h^4 \rho_{st}^{1,3} \left(\frac{F_{yw}}{E} \right)^{1,5}}{40} \quad (G3-5)$$

V_r = nilai terbesar dari *kekuatan geser perlu* pada panel badan yang berdekatan dengan menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, kips (N)

V_{c1} = nilai terkecil dari *kekuatan geser yang tersedia pada panel badan yang berdekatan* dengan V_n seperti dijelaskan dalam Pasal G2.1, kips (N)

V_{c2} = nilai terkecil dari *kekuatan geser yang tersedia pada panel badan yang berdekatan* dengan V_n seperti dijelaskan dalam Pasal G3.2, kips (N)

ρ_{st} = nilai terbesar antara F_{yw} / F_{yst} dan 1,0

F_{yw} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material badan, ksi (MPa)

G4. Siku Tunggal

Kekuatan geser nominal, V_n , dari kaki profil siku tunggal harus ditentukan dengan menggunakan Persamaan G2-1 dan Pasal G2.1(b) dengan $A_w = bt$

Keterangan

b = lebar dari kaki yang menahan *gaya geser*, in. (mm)

t = ketebalan dari profil siku kaki, in. (mm)

$h/t_w = b/t$

$k_v = 1,2$

G5. KOMPONEN STRUKTUR PSB PERSEGI DAN BERBENTUK-BOKS

Kekuatan geser nominal, V_n , dari komponen struktur PSB persegi dan boks harus ditentukan menggunakan ketentuan Pasal G2.1 dengan $A_w = 2ht$

keterangan

h = lebar yang menahan gaya geser, diambil sebagai jarak bersih antara sayap-sayap dikurangi radius sudut bagian dalam pada setiap sisi, in. (mm)

t = ketebalan dinding desain, sama dengan 0,93 dikalikan ketebalan dinding nominal untuk PSB *electric-resistance-welded* (ERW) dan sama dengan ketebalan nominal untuk PSB *submerged-arc-welded* (SAW), in. (mm)

$t_w = t$, in. (mm)

$k_v = 5$

Jika radius sudut tidak diketahui, h harus diambil sebagai dimensi terluar yang sesuai dikurangi tiga kali ketebalan.

G6. PSB BUNDAR

Kekuatan geser nominal, V_n , dari PSB bundar, sesuai dengan keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, harus ditentukan sebagai:

$$V_n = F_{cr} A_g / 2 \quad (\text{G6-1})$$

keterangan

F_{cr} harus lebih besar dari

$$F_{cr} = \frac{1,60 E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t} \right)^{\frac{5}{4}}}} \quad (\text{G6-2a})$$

dan

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D^2}{t} \right)^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{G6-2b})$$

tetapi tidak boleh melebihi $0,6 F_y$

A_g = luas penampang bruto dari komponen struktur, in.² (mm²)

D = diameter terluar, in. (mm)

L_v = jarak dari lokasi gaya geser maksimum ke gaya geser nol, in. (mm)

t = tebal dinding desain, sama dengan 0,93 dikalikan ketebalan dinding nominal untuk PSB ERW dan sama dengan ketebalan nominal untuk PSB SAW, in. (mm)

Catatan: Persamaan tekuk geser, Persamaan G6-2a dan G6-2b, akan menentukan untuk D/t di atas 100, baja kekuatan-tinggi, dan panjang besar. Untuk profil standar, pelelehan geser umumnya menentukan.

G7. GESER SUMBU LEMAH PADA PROFIL SIMETRIS GANDA DAN TUNGGAL

Untuk profil simetris ganda dan tunggal yang dibebani pada *sumbu lemah* tanpa torsi, kekuatan geser nominal, V_n , untuk setiap elemen penahan geser harus ditentukan menggunakan Persamaan G2-1 dan Pasal G2.1(b) dengan $A_w = b_f t_f$, $h/t_w = b/t_f$ dan $k_v = 1,2$, dan

b = untuk sayap dari komponen struktur profil I, setengah lebar sayap-penuh, b_f ;
 untuk sayap dari kanal, *dimensi nominal* penuh dari sayap, in. (mm)

Catatan:

Untuk seluruh profil ASTM A6 W, S, M dan HP, bila $F_y \leq 50$ ksi (345 MPa), $C_v = 1,0$.

G8. BALOK DAN GELAGAR DENGAN BUKAAN PADA BADAN

Efek dari semua bukaan pada badan pada kekuatan geser dari baja dan *balok komposit* harus diperhitungkan. Perkuatan yang cukup harus disediakan bila *kekuatan yang diperlukan* melebihi *kekuatan yang tersedia* dari komponen struktur pada bukaan.



BAB H

DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK KOMBINASI GAYA DAN TORSI

Bab ini membahas komponen struktur yang menahan gaya aksial dan lentur terhadap satu atau dua sumbu, dengan atau tanpa torsi, dan komponen struktur yang menahan torsi saja.

Bab ini diatur sebagai berikut:

- H1. Komponen Struktur Simetris Ganda dan Tunggal Menahan Lentur dan Gaya Aksial
- H2. Komponen Struktur Tidak Simetris dan Lainnya Menahan Momen Lentur dan Gaya Aksial
- H3. Komponen Struktur Yang Menahan Torsi dan Kombinasi Torsi, Lentur, Geser dan/atau Gaya Aksial
- H4. Kegagalan dari Sayap dengan Lubang-Lubang Menahan Tarik

Catatan:

Untuk komponen struktur *komposit*, lihat Bab I.

H1. KOMPONEN STRUKTUR SIMETRIS GANDA DAN TUNGGAL MENAHAN LENTUR DAN GAYA AKSIAL

1. Komponen Struktur Simetris Ganda dan Tunggal Menahan Lentur dan Tekan

Interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur simetris ganda dan komponen struktur simetris tunggal dimana $0,1 \leq (I_{yc}/I_y) \leq 0,9$, dipaksa melentur terhadap *sumbu geometris* (x dan/atau y) harus dibatasi oleh Persamaan H1-1a dan H1-1b, dimana I_{yc} adalah momen inersia terhadap sumbu y dari sayap yang tertekan, in.⁴ (mm⁴).

Catatan: Pasal H2 diizinkan digunakan sebagai pengganti ketentuan pasal ini.

(a) Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1-1a})$$

(b) Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1-1b})$$

Keterangan

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)

P_c = kekuatan aksial tersedia, kips (N)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)
 M_c = kekuatan lentur tersedia, kip-in. (N-mm)
 x = indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur
 y = indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

P_r = kekuatan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)
 $P_c = \phi_c P_n$ = kekuatan aksial desain, ditentukan menurut Bab E, kips (N)
 M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)
 $M_c = \phi_b M_n$ = kekuatan lentur desain ditentukan menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0,90
 ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0,90

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)
 $P_c = P_n / \Omega_c$ = kekuatan aksial izin, ditentukan menurut Bab E, kips (N)
 M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)
 $M_c = M_n / \Omega_b$ = kekuatan lentur izin ditentukan menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 Ω_c = faktor keamanan untuk tekan = 1,67
 Ω_b = faktor keamanan untuk lentur = 1,67

2. Komponen Struktur Simetris Ganda dan Tunggal untuk Lentur dan Tarik

Interaksi lentur dan gaya tarik pada komponen struktur simetris ganda dan komponen struktur simetris tunggal yang dipaksa melentur terhadap sumbu geometris (x dan/atau y) harus dibatasi oleh H1-1a dan H1-1b,

Keterangan:

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)
 $P_c = \phi_t P_n$ = kekuatan aksial desain, ditentukan menurut Pasal D2, kips (N)
 M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)
 $M_c = \phi_b M_n$ = kekuatan lentur desain ditentukan menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 ϕ_t = faktor ketahanan untuk tarik (lihat Pasal D2)
 ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0,90

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

P_r = kekuatan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)
 $P_c = P_n / \Omega_t$ = kekuatan aksial izin, ditentukan menurut Pasal D2, kips (N)
 M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)
 $M_c = M_n / \Omega_b$ = kekuatan lentur izin ditentukan menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 Ω_t = faktor ketahanan untuk tarik (lihat Pasal D2)
 Ω_b = faktor ketahanan untuk lentur = 1,67

Untuk komponen struktur simetris ganda, C_b pada Bab F boleh dikalikan dengan $\sqrt{1 + \frac{\alpha P_r}{P_{ey}}}$ untuk gaya tarik aksial yang bekerja secara bersama-sama dengan momen lentur,

dimana

$$P_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_b^2}$$

Keterangan:

$\alpha = 1,0$ (DFBK); $\alpha = 1,6$ (DKI)

Analisis yang lebih detail dari interaksi momen lentur dan gaya tarik diizinkan sebagai pengganti Persamaan H1-1a dan H1-1b.

3. Komponen Struktur Kompak Canai Panas Simetris Ganda Menahan Momen Lentur dan Gaya Tekan Sumbu Tunggal

Untuk komponen struktur kompak canai panas simetris ganda dengan $(KL)_z \leq (KL)_y$ yang menahan momen lentur dan gaya tekan dengan momen yang terutama berputar terhadap di sumbu majornya, diizinkan untuk memperhitungkan dua keadaan batas independen, *ketidakstabilan dalam-bidang* dan *tekuk keluar-bidang* atau *tekuk torsi-lateral*, secara terpisah sebagai pengganti pendekatan kombinasi yang diberikan dalam Pasal H1.1.

Untuk komponen struktur $M_{ry} / M_{cy} \geq 0,05$, ketentuan Pasal H1.1 harus diikuti.

- Untuk keadaan batas dari ketidakstabilan dalam-bidang, Persamaan H1-1 harus digunakan dengan P_c , M_{rx} , dan M_{cx} yang ditentukan dalam bidang lentur.
- Untuk keadaan batas tekuk keluar-bidang dan tekuk torsi-lateral:

$$\frac{P_r}{P_{cy}} \left(1,5 - 0,5 \frac{P_r}{P_{cy}} \right) + \left(\frac{M_{rx}}{C_b M_{cx}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{H1-2})$$

keterangan

P_{cy} = kekuatan tekan tersedia keluar bidang lentur, kips (N)

C_b = faktor modifikasi tekuk torsi-lateral ditentukan dari Pasal F1

M_{cx} = kekuatan torsi-lateral tersedia untuk sumbu kuat lentur ditentukan menurut Bab F menggunakan $C_b = 1,0$, kip-in. (N-mm)

Catatan:

Pada Persamaan H1-2, $C_b M_{cx}$ boleh lebih besar dari $\phi_b M_{px}$ dalam DFBK atau M_{px} / Ω_b dalam DKI. Ketahanan leleh dari *balok-kolom* dijelaskan oleh Persamaan H1-1.

H2. KOMPONEN STRUKTUR TIDAK SIMETRIS DAN LAINNYA MENAHAN MOMEN LENTUR DAN GAYA AKSIAL

Pasal ini membahas interaksi *tegangan* lentur dan aksial untuk profil yang tidak tercakup dalam Pasal H1. Hal ini diizinkan menggunakan ketentuan pasal ini untuk setiap profil sebagai pengganti ketentuan Pasal H1.

$$\left| \frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbw}}{F_{cbw}} + \frac{f_{rbz}}{F_{cbz}} \right| \leq 1,0 \quad (\text{H2-1})$$

Keterangan:

- f_{ra} = *tegangan aksial perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, ksi (MPa)
- F_{ca} = *tegangan aksial tersedia* di titik yang ditinjau, ksi (MPa)
- f_{rbw}, f_{rbz} = *tegangan lentur perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, ksi (MPa)
- F_{cbw}, F_{cbz} = *tegangan lentur tersedia* di titik yang ditinjau, ksi (MPa)
- W = indeks sehubungan dengan sumbu utama lentur major
- Z = indeks sehubungan dengan sumbu utama lentur minor

Untuk desain sesuai dengan Pasal 3.3 (DFBK)

- f_{ra} = *tegangan aksial perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DFBK*, ksi (MPa)
- F_{ca} = $\phi_c F_{cr}$ = *tegangan aksial desain*, ditentukan menurut Bab E untuk gaya tekan atau Pasal D2 untuk gaya tarik, ksi (MPa)
- f_{rbw}, f_{rbz} = *tegangan lentur perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, ksi (MPa)
- F_{cbw}, F_{cbz} = $\frac{\phi_b M_n}{S}$ = *tegangan lentur desain* ditentukan menurut Bab F, ksi (MPa).
Penggunaan modulus penampang untuk lokasi spesifik dalam penampang dan perlu dipertimbangkan tanda tegangan
- ϕ_c = *faktor ketahanan untuk tekan* = 0,90
- ϕ_t = *faktor ketahanan untuk tarik* (Pasal D2)
- ϕ_b = *faktor ketahanan untuk lentur* = 0,90

Untuk desain sesuai dengan Pasal 3.4 (DKI)

- f_{ra} = *tegangan aksial perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DKI*, ksi (MPa)
- F_{ca} = $\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$ = *tegangan aksial izin*, ditentukan menurut Bab E untuk tekan atau Pasal D2 untuk tarik, ksi (MPa)
- f_{rbw}, f_{rbz} = *tegangan lentur perlu* di titik yang ditinjau menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, ksi (MPa)
- F_{cbw}, F_{cbz} = $\frac{M_n}{\Omega_b S}$ = *tegangan lentur izin* ditentukan menurut Bab F, ksi (MPa). Gunakan modulus penampang untuk lokasi spesifik pada penampang dan perlu dipertimbangkan tanda dari tegangan
- Ω_c = *faktor keamanan untuk tekan* = 1,67

Ω_t = faktor keamanan untuk tarik (lihat Pasal D2)

Ω_b = faktor keamanan untuk lentur = 1,67

Persamaan H2-1 harus dievaluasi menggunakan sumbu lentur utama dengan mempertimbangkan kondisi tegangan lentur pada titik-titik kritis penampang melintang. Istilah lentur baik yang ditambahkan atau dikurangi dari istilah aksial yang sesuai. Bila gaya aksial adalah tekan, efek orde kedua harus diperhitungkan menurut ketentuan Bab C.

Analisis yang lebih detail dari interaksi lentur dan gaya tarik diizinkan sebagai pengganti Persamaan H2-1.

H3. KOMPONEN STRUKTUR YANG MENAHAN TORSI DAN KOMBINASI TORSI, LENTUR, GESER DAN/ATAU GAYA AKSIAL

1. PSB Bundar dan Persegi yang Menahan Torsi

Kekuatan torsi desain, $\phi_T T_n$, dan kekuatan torsi izin, T_n/Ω_T , untuk PSB bundar dan persegi menurut keadaan batas dari pelelehan torsi dan tekuk torsi harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi_T = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$\Omega_T = 1,67 \text{ (DKI)}$$

$$T_n = F_{cr} C$$

(H3-1)

Keterangan:

C adalah konstanta torsi PSB

Tegangan kritis, F_{cr} , harus ditentukan sebagai berikut:

(a) Untuk PSB bundar, F_{cr} harus lebih besar dari

$$(i) \quad F_{cr} = \frac{1,23 E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t} \right)^4}} \quad (H3-2a)$$

dan

$$(ii) \quad F_{cr} = \frac{0,60 E}{\left(\frac{D^2}{t} \right)^{\frac{3}{4}}} \quad (H3-2b)$$

tetapi tidak boleh melebihi $0,6 F_y$,

keterangan:

L = panjang komponen struktur, in. (mm)

D = diameter terluar, in. (mm)

(b) Untuk *PSB* persegi

(i) Bila $h/t \leq 2,45\sqrt{E/F_y}$

$$F_{cr} = 0,6F_y \quad (\text{H3-3})$$

(ii) Bila $2,45\sqrt{\frac{E}{F_y}} < h/t \leq 3,07\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = \frac{0,6F_y(2,45\sqrt{E/F_y})}{\left(\frac{h}{t}\right)} \quad (\text{H3-4})$$

(iii) Bila $3,07\sqrt{\frac{E}{F_y}} < h/t \leq 260$

$$F_{cr} = \frac{0,458\pi^2 E}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \quad (\text{H3-5})$$

keterangan:

h = lebar permukaan datar dari sisi terpanjang seperti dijelaskan dalam Pasal B4.1b(d), in. (mm)

t = ketebalan dinding desain yang dijelaskan dalam Pasal B4.2, in. (mm)

Catatan:

Konstanta torsi, C , dapat secara konservatif diambil sebagai berikut:

Untuk *PSB* bundar: $C = \frac{\pi(D-t)^2 t}{2}$

Untuk *PSB* persegi: $C = 2(B-t)(H-t)t - 4,5(4-\pi)t^3$

2. *PSB* yang Menahan Kombinasi Gaya Torsi, Geser, Lentur dan Aksial

Bila kekuatan torsi perlu, T_r , adalah kurang dari atau sama dengan 20 persen dari kekuatan torsi tersedia, T_c , interaksi dari gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial untuk *PSB* harus ditentukan oleh Pasal H1 dan efek torsi harus diabaikan. Bila T_r melebihi 20 persen dari T_c , interaksi gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial harus dibatasi, di titik peninjauan, dengan

$$\left(\frac{P_r}{P_c} + \frac{M_r}{M_c}\right) + \left(\frac{V_r}{V_c} + \frac{T_r}{T_c}\right) \leq 1,0 \quad (\text{H3-6})$$

Keterangan:

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)

- $P_c = \phi P_n$, *kekuatan tarik desain atau kekuatan tekan desain* menurut Bab D atau E, kips (N)
 M_r = *kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK*, kip-in. (N-mm)
 $M_c = \phi_b M_n$ = *kekuatan lentur desain* menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 V_r = *kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBK*, kips (N)
 $V_c = \phi_v V_n$, *kekuatan geser desain* menurut Bab G, kips (N)
 T_r = *kekuatan torsi perlu menggunakan kombinasi beban DFBK*, kip-in. (N-mm)
 $T_c = \phi_T T_n$, *kekuatan torsi desain* menurut Pasal H3.1, kip-in. (N-mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

- P_r = *kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI*, kips (N)
 $P_c = P_n / \Omega$, *kekuatan tarik izin atau kekuatan tekan izin* sesuai dengan Bab D atau E, kips (N)
 M_r = *kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI*, kip-in. (N-mm)
 $M_c = M_n / \Omega_b$ = *kekuatan lentur izin* menurut Bab F, kip-in. (N-mm)
 V_r = *kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DKI*, kips (N)
 $V_c = V_n / \Omega_v$, *kekuatan geser izin* menurut Bab G, kips (N)
 T_r = *kekuatan torsi perlu menggunakan kombinasi beban DKI*, kip-in. (N-mm)
 $T_c = T_n / \Omega_T$, *kekuatan torsi izin* menurut Pasal H3.1, kip-in. (N-mm)

3. Komponen Struktur NonPSB yang Menahan Torsi dan Tegangan Kombinasi

Kekuatan torsi tersedia untuk komponen struktur nonPSB harus nilai yang terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh* akibat *tegangan* normal, *leleh* geser akibat *tegangan geser*, atau *tekuk*, ditentukan sebagai berikut:

$$\phi_T = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_T = 1,67 \text{ (DKI)}$$

- (a) Untuk keadaan batas dari leleh akibat tegangan normal

$$F_n = F_y \quad (\text{H3-7})$$

- (b) Untuk keadaan batas dari leleh geser akibat tegangan geser

$$F_n = 0,6 F_y \quad (\text{H3-8})$$

- (c) Untuk keadaan batas dari tekuk

$$F_n = F_{cr} \quad (\text{H3-9})$$

Keterangan:

F_{cr} = tegangan tekuk untuk penampang seperti ditentukan oleh analisis, ksi (MPa)

Beberapa *leleh lokal* yang dibatasi diizinkan berdekatan dengan daerah-daerah yang tetap elastis.

H4. KEGAGALAN DARI SAYAP DENGAN LUBANG-LUBANG YANG MENAHAN TARIK

Pada lokasi dari lubang-lubang baut dalam sayap-sayap yang menahan gaya tarik akibat kombinasi gaya aksial dan momen lentur yang melentur terhadap sumbu major, *kekuatan runtuh tarik* sayap harus dibatasi melalui Persamaan H4-1. Setiap sayap yang menahan gaya tarik akibat gaya aksial dan lentur harus diperiksa secara terpisah.

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{M_{rx}}{M_{cx}} \leq 1,0 \quad (\text{H4-1})$$

Keterangan:

- P_r = kekuatan aksial perlu komponen struktur pada lokasi lubang-lubang baut, positif dalam tarik, negatif dalam tekan, kips (N)
- P_c = kekuatan aksial tersedia untuk *keadaan batas* dari keruntuhan tarik penampang neto pada lokasi lubang-lubang baut, kips (N)
- M_{rx} = kekuatan lentur perlu pada lokasi lubang-lubang baut, positif untuk tarik dalam sayap menurut perhitungan, negatif untuk tekan, kip-in. (N-mm)
- M_{cx} = kekuatan lentur tersedia di sumbu x untuk keadaan batas keruntuhan tarik sayap, ditentukan sesuai dengan Pasal F13.1. Bila keadaan batas keruntuhan tarik dalam lentur tidak diterapkan, penggunaan momen lentur plastis, M_p , ditentukan dengan lubang-lubang baut tidak dipertimbangkan, kip-in. (N-mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

- P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan *kombinasi beban DFBK*, kips (N)
- P_c = $\phi_t P_n$ kekuatan aksial desain untuk keadaan batas dari keruntuhan tarik, ditentukan menurut Pasal D2(b), kips (N)
- M_{rx} = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)
- M_{cx} = $\phi_b M_n$ = kekuatan lentur desain ditentukan menurut Pasal F13.1 atau momen lentur plastis, M_p , ditentukan dengan lubang-lubang baut tidak dipertimbangkan, yang sesuai, kip-in. (N-mm)
- ϕ_t = faktor ketahanan untuk keruntuhan tarik = 0,75
- ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0,90

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

- P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan *kombinasi beban DKI*, kips (N)
- P_c = $\frac{P_n}{\Omega_t}$ = kekuatan aksial izin untuk keadaan batas dari keruntuhan tarik, ditentukan menurut Pasal D2(b), kips (N)
- M_{rx} = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)
- M_{cx} = $\frac{M_n}{\Omega_b}$ = kekuatan lentur izin ditentukan menurut Pasal F13.1, atau momen lentur plastis, M_p , ditentukan dengan lubang-lubang baut tidak dipertimbangkan, yang sesuai, kip-in. (N-mm)
- ϕ_t = faktor ketahanan untuk keruntuhan tarik = 2,00
- ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 1,67

BAB I DESAIN KOMPONEN STRUKTUR KOMPOSIT

Bab ini membahas komponen struktur *komposit* yang terdiri dari profil *baja struktural* canai panas atau tersusun atau *PSB* dan beton struktural yang bekerja bersama-sama, dan *balok* baja yang mendukung pelat beton bertulang sehingga saling berhubungan agar balok dan pelat bekerja bersama-sama menahan lentur. Juga termasuk *balok komposit* sederhana dan menerus dengan *stud*, *balok terbungkus beton*, dan *balok terisi beton*, dilaksanakan dengan atau tanpa penyangga sementara.

Bab ini diatur sebagai berikut:

- I1. Ketentuan Umum
- I2. Gaya Aksial
- I3. Lentur
- I4. Geser
- I5. Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial
- I6. Transfer Beban
- I7. Diafragma Komposit dan Balok Kolektor
- I8. Angkur Baja
- I9. Kasus Khusus

I1. KETENTUAN UMUM

Dalam menentukan *efek beban* dalam komponen struktur dan *sambungan* dari struktur yang termasuk komponen struktur *komposit*, harus dipertimbangkan penampang efektif pada setiap dilakukan peningkatan *beban*.

1. Beton dan Tulangan Baja

Desain, pendetailan dan properti material terkait dengan beton dan tulangan baja sebagai bagian dari konstruksi komposit harus memenuhi *spesifikasi* desain beton bertulang dan tulangan baja yang ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*. Sebagai tambahan, ketentuan dalam ACI 318 harus diterapkan dengan pengecualian dan batasan berikut:

- (1) Pasal 7.8.2 dan 10.13, serta Bab 21 ACI 318 harus dikecualikan seluruhnya.
- (2) Pembatasan material beton dan tulangan baja harus seperti yang disyaratkan dalam Pasal I1.3.
- (3) Pembatasan *tulangan transversal* harus seperti yang disyaratkan dalam Pasal I2.1a(2), sebagai tambahan yang disyaratkan dalam ACI 318.
- (4) Rasio tulangan longitudinal minimum untuk *komponen struktur komposit terbungkus beton* harus seperti yang disyaratkan dalam Pasal I2.1a(3).

Komponen beton dan tulangan baja yang dirancang menurut ACI 318 harus berdasarkan tingkat beban yang sesuai dengan *kombinasi beban DFBK*.

Catatan:

Ini adalah maksud dari Spesifikasi bahwa beton dan tulangan baja sebagai bagian dari komponen struktur beton komposit harus didetail dengan menggunakan ketentuan nonkomposit

dari ACI 318 yang dimodifikasi oleh Spesifikasi. Semua persyaratan spesifik untuk komponen struktur komposit tercakup dalam Spesifikasi.

Catatan bahwa dasar desain dari ACI 318 adalah desain kekuatan. Perancang yang menggunakan DKI untuk baja harus sadar akan perbedaan dari *faktor beban*.

2. Kekuatan Nominal Penampang Komposit

Kekuatan nominal penampang komposit harus ditentukan menurut *metode distribusi tegangan plastis* atau *metode kompatibilitas regangan* seperti dijelaskan dalam pasal ini.

Kekuatan tarik beton harus diabaikan dalam menentukan kekuatan nominal komponen struktur komposit.

Efek *tekuk lokal* harus diperhitungkan untuk *komponen struktur komposit terisi beton* seperti dijelaskan dalam Pasal 11.4. Efek tekuk lokal tidak perlu diperhitungkan untuk *komponen struktur komposit terbungkus beton*.

2a. Metode Distribusi Tegangan Plastis

Untuk *metode distribusi tegangan plastis*, kekuatan nominal harus dihitung dengan asumsi bahwa komponen baja telah mencapai *tegangan* F_y baik dalam tarik atau tekan dan komponen beton dalam tekan akibat gaya aksial dan/atau lentur telah mencapai *tegangan* $0,85f'_c$. Untuk PSB bundar yang diisi dengan beton, tegangan sebesar $0,95f'_c$ diizinkan digunakan untuk komponen beton dalam tekan akibat gaya aksial dan/atau lentur untuk memperhitungkan efek dari pengekanan beton.

2b. Metode Kompatibilitas Regangan

Untuk *metode kompatibilitas regangan*, distribusi linier regangan pada penampang harus diasumsikan, dengan regangan tekan beton maksimum sama dengan 0,003 in./in. (mm/mm). Hubungan regangan-tegangan untuk baja dan beton harus diperoleh dari pengujian-pengujian atau dari publikasi-publikasi untuk material yang sama.

Catatan:

Metode kompatibilitas regangan harus digunakan untuk menentukan *kekuatan nominal* dari penampang tak-beraturan dan untuk kasus-kasus dimana baja tidak menunjukkan perilaku elasto-plastis. Pedoman umum untuk metode kompatibilitas regangan pada komponen struktur terbungkus beton yang menahan *beban* aksial, lentur atau keduanya diberikan dalam AISC Design Guide 6 dan ACI 318.

3. Pembatasan Material

Untuk beton, *baja struktural*, dan batang tulangan yang memperkuat baja dalam sistem komposit, pembatasan berikut ini harus dipenuhi, kecuali dibuktikan oleh pengujian atau analisis:

- (1) Untuk penentuan *kekuatan tersedia*, beton harus memiliki kekuatan tekan f'_c , tidak kurang dari 3 ksi (21 MPa) atau tidak lebih dari 10 ksi (70 MPa) untuk beton normal dan tidak kurang dari 3 ksi (21 MPa) atau tidak lebih dari 6 ksi (42 MPa) untuk *beton ringan*.

Catatan:

Properti material beton yang berkuatan lebih tinggi dapat digunakan untuk perhitungan *kekakuan* tetapi tidak dapat diandalkan untuk perhitungan kekuatan kecuali dibuktikan oleh pengujian atau analisis.

- (2) *Tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari baja struktural dan batang tulangan perkuatan digunakan dalam penghitungan kekuatan komponen struktur komposit tidak boleh melebihi 75 ksi (525 MPa).

4. Klasifikasi Penampang Komposit Terisi Beton untuk Tekuk Lokal

Untuk tekan, penampang komposit terisi beton diklasifikasikan sebagai kompak, nonkompak atau langsing. Untuk penampang yang memenuhi syarat sebagai kompak, rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum dari elemen baja tekannya tidak boleh melebihi batasan rasio lebar-terhadap-ketebalan, λ_p , dari Tabel I1.1a. Jika rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum dari satu atau lebih elemen tekan baja melebihi λ_p , tetapi tidak melebihi λ_r dari Tabel I1.1a, penampang komposit terisi beton disebut nonkompak. Jika rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum dari setiap elemen baja tekan melebihi λ_r , penampang disebut langsing. Rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum yang diizinkan harus seperti yang disyaratkan dalam tabel.

Untuk lentur, penampang komposit terisi beton diklasifikasikan sebagai kompak, nonkompak atau langsing. Untuk penampang yang memenuhi syarat sebagai kompak, rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum dari elemen baja tekannya tidak boleh melebihi batasan rasio lebar-terhadap-ketebalan, λ_p , dari Tabel I1.1b. Jika rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum dari satu atau lebih elemen tekan baja melebihi λ_p , tetapi tidak melebihi λ_r dari Tabel I1.1b, penampang disebut nonkompak. Jika rasio lebar-terhadap-ketebalan dari setiap elemen baja melebihi λ_r , penampang disebut langsing. Rasio lebar-terhadap-ketebalan maksimum diizinkan seperti yang disyaratkan dalam tabel.

Lihat Tabel B4.1a dan Tabel B4.1b untuk definisi lebar (b dan D) dan ketebalan (t) untuk penampang *PSB* persegi dan bundar.

Catatan:

Semua penampang *PSB* bujur sangkar Kelas B ASTM A500 yang ada saat ini merupakan penampang kompak menurut batas-batas pada Tabel I1.1a dan Tabel I1.1b kecuali *PSB7x7x1/8*, *PSB8x8x1/8*, *PSB9x9x1/8* dan *PSB12x12x3/16* di mana merupakan penampang nonkompak untuk aksial tekan dan lentur.

Semua penampang *PSB* bundar Kelas B ASTM A500 yang ada saat ini merupakan penampang kompak menurut batas-batas pada Tabel I1.1a dan Tabel I1.1b untuk aksial tekan dan lentur dengan perkecualian *PSB16,0x0,25*, yang merupakan penampang nonkompak untuk lentur.

TABEL I1.1A
Batasan Rasio Lebar-terhadap-Ketebalan untuk Elemen Baja Tekan dalam
Komponen Struktur Komposit yang Menahan Aksial Tekan
Untuk Penggunaan pada Pasal I2.2

Deskripsi Elemen	Rasio Lebar-terhadap-Ketebalan	λ_p Kompak / Nonkompak	λ_r Nonkompak / Langsing	Maksimum yang diizinkan
Dinding dari PSB Persegi dan Boks dengan Ketebalan Sama	b/t	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
PSB Bundar	D/t	$\frac{0,15E}{F_y}$	$\frac{0,19E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$

TABEL I1.1B
Batasan Rasio Lebar-terhadap-Ketebalan untuk Elemen Baja Tekan dalam
Komponen Struktur Komposit yang Menahan Lentur
Untuk Penggunaan pada Pasal I3.4

Deskripsi Elemen	Rasio Lebar-terhadap-Ketebalan	λ_p Kompak / Nonkompak	λ_r Nonkompak / Langsing	Maksimum yang diizinkan
Sayap dari PSB Persegi dan Boks dengan Ketebalan Sama	b/t	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Badan dari PSB Persegi dan Boks dengan Ketebalan Sama	h/t	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
PSB Bundar	D/t	$\frac{0,09E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$

12. GAYA AKSIAL

Pasal ini diterapkan untuk dua tipe dari komponen struktur *komposit* yang menahan gaya aksial: *komponen struktur komposit terbungkus beton* dan *komponen struktur komposit terisi beton*.

1. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton

1a. Pembatasan

Untuk *komponen struktur komposit terbungkus beton*, pembatasan yang berikut harus dipenuhi:

- (1) Luas penampang melintang inti baja harus terdiri dari sedikitnya 1 persen dari penampang melintang komposit total.
- (2) Selongsong beton dari inti baja harus ditulangi dengan batang tulangan longitudinal menerus dan sengkang pengikat lateral atau spiral.
Bila digunakan pengikat lateral, batang tulangan No. 3 (10 mm) berspasi maksimum 12 in. (305 mm) pusat ke pusat, atau batang tulangan No. 4 (13 mm) atau lebih besar harus digunakan spasi maksimum 16 in. (406 mm) pusat ke pusat. Boleh digunakan tulangan kawat ulir atau kawat dilas dengan luas ekuivalen.
Spasi maksimum dari pengikat lateral tidak boleh melebihi 0,5 kali dimensi kolom terkecil.
- (3) Rasio tulangan minimum ρ_{sr} sebesar 0,004 digunakan untuk penulangan longitudinal menerus, di mana ρ_{sr} adalah:

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \quad (I2-1)$$

Keterangan:

A_g = luas bruto komponen struktur komposit, in.² (mm²)

A_{sr} = luas batang tulangan menerus, in.² (mm²)

Catatan:

Lihat Pasal 7.10 dan 10.9.3 ACI 318 untuk persyaratan tambahan sengkang pengikat dan spiral.

1b. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan kekuatan tekan yang diizinkan, P_n / Ω_c , komponen struktur komposit terbungkus beton yang dibebani secara aksial simetris ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari tekuk lentur berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_c = 2,00 \text{ (DKI)}$$

(a) Bila $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25$

$$P_n = P_{no} \left[0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] \quad (I2-2)$$

(b) Bila $\frac{P_{no}}{P_e} > 2,25$

$$P_n = 0,877 P_e \quad (I2-3)$$

Keterangan

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c \quad (I2-4)$$

P_e = beban tekuk kritis elastis ditentukan menurut Bab C atau Lampiran 7, kips (N)

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 \quad (I2-5)$$

A_c = luas beton, in.² (mm²)

A_s = luas penampang baja, in.² (mm²)

E_c = modulus elastisitas beton = $w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, ksi ($0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, Mpa)

EI_{eff} = kekakuan efektif penampang komposit, kip-in.² (N-mm²)
 $= E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c \quad (I2-6)$

C_1 = koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen struktur tekan komposit terbungkus beton

$$= 0,1 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,3$$

E_s = modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, ksi (Mpa)

F_{ysr} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari batang tulangan, ksi (Mpa)

I_c = momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit, in.⁴ (mm⁴)

I_s = momen inersia profil baja di sumbu netral elastis dari penampang komposit, in.⁴ (mm⁴)

I_{sr} = momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang komposit, in.⁴ (mm⁴)

K = faktor panjang efektif

L = panjang tanpa breising secara lateral dari komponen struktur, in. (mm)

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (Mpa)

w_c = berat beton per unit volume ($90 \leq w_c \leq 155$ lbs/ft³ atau $1\,500 \leq w_c \leq 2\,500$ kg/m³)

Kekuatan tekan yang tersedia tidak perlu kecil dari yang disyaratkan untuk komponen struktur profil baja seperti disyaratkan Bab E.

1c. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur komposit terbungkus beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_n = F_y A_s F_{ysr} A_{sr} \quad (I2-8)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

1d. Transfer Beban

Persyaratan transfer beban untuk komponen struktur komposit terbungkus beton harus ditentukan menurut Pasal I6.

1e. Persyaratan Pendetailan

Spasi bersih antara inti baja dan tulangan longitudinal harus diambil minimum sebesar 1,5 diameter batang tulangan, tetapi tidak lebih kecil dari 1,5 in. (38 mm).

Jika penampang melintang komposit tersusun dari dua atau lebih profil baja terbungkus beton, profil tersebut harus saling dihubungkan dengan *pelat pengikat diagonal*, *pelat pengikat*, *pelat kopel* atau komponen semacamnya untuk mencegah *tekuk* setiap profil akibat *beban-beban* yang diterapkan sebelum pengerasan beton.

2. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton

2a. Pembatasan

Untuk *komponen struktur komposit terisi beton*, luas penampang baja harus terdiri sedikitnya 1 % dari total penampang melintang komposit.

Komponen struktur komposit terisi beton harus diklasifikasikan untuk *tekuk lokal* sesuai dengan Pasal I1.4.

2b. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan yang tersedia dari komponen struktur komposit terisi beton simetris ganda yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas *tekuk lentur* menurut Pasal I2.1b dengan modifikasi yang berikut:

(c) Untuk *penampang kompak*

$$P_{no} = P_p \quad (I2-9a)$$

keterangan

$$P_p = F_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9b)$$

$C_2 = 0,85$ untuk penampang persegi dan $0,95$ untuk penampang bundar

(d) Untuk *penampang nonkompak*

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (I2-9c)$$

keterangan

λ , λ_p dan λ_r adalah rasio kelangsingan yang ditentukan dari Tabel I1.1a

P_p ditentukan dari Persamaan I2-9b

$$P_y = F_y A_s + 0,7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9d)$$

(e) I Untuk *penampang langsing*

$$P_{no} = F_{cr} A_s + 0,7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9e)$$

dimana

(i) Untuk *penampang persegi diisi beton*

$$F_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (I2-10)$$

(ii) Untuk penampang bundar diisi beton

$$F_{cr} = \frac{0,72F_y}{\left(\left(\frac{D}{t}\right)\frac{F_y}{E_s}\right)^{0,2}} \quad (I2-11)$$

Kekakuan efektif penampang komposit, EI_{eff} , untuk semua penampang harus:

$$EI_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c \quad (I2-12)$$

keterangan:

C_3 = koefisien untuk perhitungan kekakuan efektif komponen struktur tekan komposit diisi beton

$$= 0,6 + 2 \left[\frac{A_s}{A_c + A_s} \right] \leq 0,9 \quad (I2-13)$$

Kekuatan tekan yang tersedia tidak perlu kecil dari yang disyaratkan untuk komponen struktur profil baja yang disyaratkan Bab E.

2c. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur komposit terisi beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_n = A_s F_y + A_{sr} F_{ysr} \quad (I2-14)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

2d. Transfer Beban

Persyaratan transfer beban untuk komponen struktur komposit terisi beton harus ditentukan menurut Pasal I6.

13. LENTUR

Pasal ini diterapkan untuk tiga tipe dari komponen struktur komposit yang menahan lentur: *balok komposit dengan angkur baja* yang terdiri dari angkur *steel headed stud* atau angkur kanal baja, *komponen struktur komposit terbungkus beton*, dan *komponen struktur komposit diisi beton*.

1. Umum

1a. Lebar Efektif

Lebar efektif pelat beton harus diambil dari jumlah lebar efektif untuk setiap sisi sumbu *balok*, masing-masing yang tidak melebihi:

- (1) seperdelapan dari bentang balok, pusat-ke-pusat tumpuan;
- (2) setengah jarak ke sumbu dari balok yang berdekatan; atau
- (3) jarak ke tepi dari pelat.

1b. Kekuatan Selama Pelaksanaan

Bila penopang sementara tidak digunakan selama pelaksanaan, penampang baja sendiri harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mendukung semua beban yang digunakan sebelum beton mencapai 75 % dari kekuatan yang disyaratkan f'_c . Kekuatan lentur yang tersedia dari penampang baja harus ditentukan menurut Bab F.

2. Balok Komposit dengan Angkur *Steel headed stud* atau Angkur Kanal Baja

2a. Kekuatan Lentur Positif

Kekuatan lentur positif desain, $\phi_b M_n$, dan kekuatan lentur positif yang diizinkan, M_n / Ω_b , harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

- (a) Untuk $h/t_w \leq 3,76\sqrt{E/F_y}$,

M_n harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (*momen plastis*).

Catatan: Semua ASTM A6 profil W, S dan HP yang ada memenuhi batas yang diberikan dalam Pasal I3.2a(a) untuk $F_y \leq 50$ ksi (345 MPa).

- (b) Untuk $h/t_w > 3,76\sqrt{E/F_y}$,

M_n harus ditentukan dari superposisi tegangan elastis, dengan memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas leleh (*momen leleh*).

2b. Kekuatan Lentur Negatif

Kekuatan lentur negatif tersedia harus ditentukan untuk penampang baja sendiri, menurut persyaratan Bab F.

Alternatif, kekuatan lentur negatif yang tersedia harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit, untuk keadaan batas leleh (*momen plastis*), dimana

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

asalkan batasan yang berikut dipenuhi :

- (1) Balok baja adalah *penampang kompak* dan dibreising secara cukup menurut Bab F.
- (2) *Steel headed stud* atau angkur kanal baja yang menyambungkan pelat ke balok baja pada daerah momen negatif.
- (4) Tulangan pelat yang paralel pada balok baja, di lebar efektif pelat, diperhitungkan dengan tepat.

2c. Balok Komposit Dengan Dek Baja Berlekuk

(1) Umum

Kekuatan lentur yang tersedia dari konstruksi komposit yang terdiri dari pelat beton pada *dek baja* berlekuk yang disambungkan ke *balok* baja harus ditentukan melalui bagian yang sesuai dari Pasal I3.2a dan I3.2b, dengan persyaratan yang berikut:

- (1) *Tinggi rusuk nominal* tidak lebih besar dari 3 in. (75 mm). Lebar rata-rata dari rusuk atau *voute (haunch)* beton, W_r , harus tidak kurang dari 2 in. (50 mm), tetapi tidak boleh diambil dalam perhitungan sebagai lebih dari lebar bersih minimum di dekat bagian paling atas dari dek baja.
- (2) Pelat beton harus disambungkan ke balok baja dengan angkur *steel headed stud* di las, $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) atau kurang dalam diameter (AWS D1.1/D1.1M). Angkur *steel headed stud* harus di las baik di dek atau secara langsung ke penampang melintang baja. Angkur *steel headed stud*, sesudah pemasangan, harus diperpanjang tidak kurang dari $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) di atas bagian paling atas dari dek baja dan akan ada setidaknya $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) dari selimut beton yang disyaratkan di atas bagian paling atas dari angkur *steel headed stud*.
- (3) Tebal pelat di atas dek baja tidak boleh kurang dari 2 in. (50 mm).
- (4) Dek baja harus diangkurkan ke semua komponen struktur pendukung pada spasi tidak melebihi 18 in. (460 mm). Angkur yang demikian harus diberikan dengan angkur *steel headed stud*, suatu kombinasi dari angkur *steel headed stud* dan las arc spot (puddle), atau perangkat lainnya yang disyaratkan oleh dokumen kontrak.

(2) Rusuk Dek Diorientasikan Tegak Lurus pada Balok Baja

Beton di bawah paling atas dari dek baja harus diabaikan dalam penentuan properti penampang komposit dan dalam perhitungan A_c untuk rusuk dek yang diorientasikan tegak lurus balok baja.

(3) Rusuk Dek Diorientasikan Paralel terhadap Balok Baja

Beton di bawah paling atas dari dek baja diperkenankan untuk dimasukkan dalam penentuan properti penampang komposit dan harus dimasukkan dalam perhitungan A_c .

Rusuk dek baja dicetak di atas balok pendukung diperkenankan untuk dibelah secara longitudinal dan dipisahkan untuk membentuk suatu *beton miring*.

Bila tinggi nominal dek baja adalah $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) atau lebih besar, lebar rata-rata, W_r , dari kemiringan atau rusuk yang tertumpu harus tidak kurang dari 2 in. (50 mm) untuk angkur *steel headed stud* yang pertama dalam baris transversal ditambah empat diameter paku untuk setiap angkur *steel headed stud* tambahan.

2d. Transfer Beban Antara Balok Baja dan Slab Beton

(1) Transfer Beban untuk Kekuatan Lentur Positif

Geser *horizontal* keseluruhan di muka-dalam antara *balok* baja dan pelat beton harus diasumsikan disalurkan melalui *steel headed stud* atau angkur kanal baja, kecuali untuk *balok dibungkus beton* seperti didefinisikan dalam Pasal I3.3. Untuk aksi *komposit* dengan beton yang menahan tekan lentur, gaya geser nominal antara balok baja dan pelat beton disalurkan melalui *angkur baja*, V' , antara titik dari momen positif maksimum dan titik dari momen nol harus ditentukan sebagai nilai terendah sesuai dengan *keadaan batas* dari *kehancuran beton*, *leleh tarik* dari penampang baja, atau kekuatan geser dari angkur baja:

(a) Kehancuran beton

$$V' = 0,85f'_c A_c \quad (I3-1a)$$

(b) Leleh tarik dari penampang baja

$$V' = F_y A_s \quad (I3-1b)$$

(c) Kekuatan geser dari *steel headed stud* atau angkur kanal baja

$$V' = \sum Q_n \quad (I3-1c)$$

Keterangan:

A_c = luas pelat beton di *lebar efektif*, in.² (mm²)

A_s = luas penampang melintang baja, in.² (mm²)

$\sum Q_n$ = jumlah dari *kekuatan geser nominal* dari *steel headed stud* atau angkur kanal baja antara titik dari momen positif maksimum dan titik dari momen nol, kips (N)

(2) Transfer Beban untuk Kekuatan Lentur Negatif

Pada balok komposit menerus dimana baja tulangan longitudinal di daerah momen negatif diperhitungkan bekerja secara komposit dengan balok baja, geser horizontal total antara titik dari momen negatif maksimum dan titik dari momen nol harus ditentukan sebagai nilai terendah sesuai dengan keadaan batas yang berikut:

(a) Untuk keadaan batas dari leleh tarik tulangan pelat

$$V' = F_{ysr} A_{sr} \quad (I3-2a)$$

Keterangan:

A_{sr} = luas baja tulangan longitudinal yang diperhitungkan secara cukup

F_{ysr} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari baja tulangan, ksi (MPa)

(b) Untuk keadaan batas kekuatan geser dari *steel headed stud* atau angkur kanal baja

$$V' = \sum Q_n \quad (I3-2b)$$

3. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton

Kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus ditentukan dengan menggunakan satu dari metode yang berikut:

- (a) Superposisi dari *tegangan* elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk *keadaan batas* dari *leleh* (*momen leleh*).
- (b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang baja.

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

- (c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari *leleh* (*momen plastis*) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan

4. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton

4a. Pembatasan

Penampang komposit diisi beton harus diklasifikasikan menurut *tekuk lokal* menurut Pasal I1.4.

4b. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur yang tersedia dari komponen struktur komposit diisi beton harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk *penampang kompak*

$$M_n = M_p \quad (I3-3a)$$

Keterangan:

M_p = momen sesuai dengan distribusi *tegangan* plastis di penampang komposit, kip-in. (N-mm)

- (b) Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (I3-3b)$$

keterangan

λ, λ_p dan λ_r adalah rasio kelangsingan ditentukan dari Tabel I1.1b.

M_y = momen leleh sehubungan dengan leleh dari sayap tarik dan leleh pertama dari sayap tekan, kip-in. (N-mm). Kapasitas di leleh pertama harus dihitung dengan asumsi suatu distribusi tegangan elastis linier dengan tegangan tekan beton maksimum dibatasi sampai $0,7f'_c$ dan tegangan baja maksimum dibatasi sampai F_y .

- (c) Untuk penampang langsing, M_n , harus ditentukan sebagai momen leleh pertama. Tegangan sayap tekan harus dibatasi sampai tegangan tekuk lokal, F_{cr} , ditentukan dengan menggunakan Persamaan I2-10 atau I2-11. Distribusi tegangan beton harus elastis linier dengan tegangan tekan maksimum yang dibatasi sampai $0,7f'_c$.

14. Geser

1. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton

Kekuatan geser desain, $\phi_v V_n$, dan kekuatan geser yang diizinkan, V_n / Ω_v , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- (a) Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam Bab G
- (b) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_v = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega_v = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

- (c) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam Bab G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_v = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega_v = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

2. Balok Komposit dengan Dek Baja Berlekuk

Kekuatan geser yang tersedia dari balok komposit dengan steel headed stud atau angkur kanal baja harus ditentukan berdasarkan properti dari penampang baja sendiri menurut Bab G.

15. KOMBINASI LENTUR DAN GAYA AKSIAL

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan *stabilitas* seperti disyaratkan oleh Bab C. *Kekuatan tekan yang tersedia* dan *kekuatan lentur yang tersedia* harus ditentukan seperti dijelaskan dalam Pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari *efek panjang* pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut Pasal I2.

Untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton* dan *komponen struktur komposit diisi beton* dengan *penampang kompak*, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi Pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan dalam Pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi Pasal H1.1.

Catatan: Metode untuk menentukan kapasitas *kolom-balok* komposit dibahas dalam Penjelasan.

16. TRANSFER BEBAN

1. Persyaratan Umum

Apabila gaya eksternal dipekerjakan untuk *komponen struktur komposit* dibungkus atau *diisi beton* dibebani secara aksial, pemasukan gaya ke komponen struktur dan penyaluran geser longitudinal di komponen struktur harus dinilai sesuai dengan persyaratan untuk alokasi gaya yang disajikan dalam pasal ini.

Kekuatan desain, ϕR_n , atau *kekuatan yang diizinkan*, R_n / Ω , dari mekanisme transfer gaya yang sesuai seperti ditentukan sesuai dengan Pasal I6.3 harus sama atau melebihi gaya geser longitudinal yang diperlukan untuk disalurkan, V_r' , seperti ditentukan menurut Pasal I6.2.

2. Alokasi Gaya

Alokasi gaya harus ditentukan berdasarkan distribusi gaya eksternal menurut persyaratan yang berikut:

Catatan: Ketentuan kekuatan *tumpuan* untuk gaya-gaya yang digunakan secara eksternal ditetapkan dalam Pasal J8. Untuk *komponen struktur komposit diisi beton*, istilah $\sqrt{A_2/A_1}$ dalam Persamaan J8-2 boleh diambil sama dengan 2,0 akibat efek pengeangan.

2a. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan pada Penampang Baja

Apabila gaya eksternal keseluruhan dipekerjakan secara langsung pada penampang baja, gaya yang diperlukan untuk disalurkan ke beton, V_r' , harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_r' = P_r (1 - F_y A_s / P_{no}) \quad (I6-1)$$

Keterangan:

P_{no} = kekuatan tekan aksial nominal tanpa memperhitungkan *efek panjang*, ditentukan melalui I2.4 untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton*, dan Persamaan I2-9a untuk *komponen struktur komposit diisi beton*, kips (N)

P_r = gaya eksternal perlu yang diterapkan pada komponen struktur komposit, kips (N)

2b. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan untuk Beton

Apabila gaya eksternal keseluruhan dipekerjakan secara langsung pada selongsong beton atau isi beton, gaya perlu yang disalurkan ke baja, V_r' , harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_r' = P_r (F_y A_s / P_{no}) \quad (I6-2)$$

Keterangan:

P_{no} = kekuatan tekan aksial nominal tanpa memperhitungkan *efek panjang*, ditentukan melalui Persamaan I2-4 untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton*, dan Persamaan I2-9a untuk *komponen struktur komposit diisi beton*, kips (N)

P_r = gaya eksternal perlu yang dipekerjakan pada komponen struktur komposit, kips (N)

2c. Gaya Eksternal yang Dipekerjakan Serentak pada Baja dan Beton

Apabila gaya eksternal yang dipekerjakan serentak pada penampang baja dan selongsong beton atau isi beton, V_r' harus ditentukan sebagai gaya yang diperlukan untuk membentuk keseimbangan penampang melintang.

Catatan: Penjelasan memberikan suatu metode yang dapat diterima yang menentukan gaya geser longitudinal yang diperlukan untuk membentuk keseimbangan penampang melintang.

3. Mekanisme Transfer Gaya

Kekuatan nominal, R_n , dari mekanisme transfer gaya dari *interaksi lekat langsung*, sambungan geser, dan *tumpuan langsung* harus ditentukan menurut pasal ini. Penggunaan dari *mekanisme transfer gaya* yang memberi kekuatan nominal terbesar diizinkan. Mekanisme transfer gaya tidak boleh digabungkan.

Mekanisme transfer gaya dari interaksi lekat langsung tidak boleh digunakan untuk *komponen struktur komposit dibungkus beton*.

3a. Tumpuan Langsung

Bila gaya disalurkan pada suatu *komponen struktur komposit* dibungkus atau *diisi beton* melalui *tumpuan langsung* dari mekanisme tumpuan internal, *kekuatan tumpuan yang tersedia* dari beton untuk *keadaan batas* dari *keruntuhan beton* harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 1,7f'_c A \quad (I6-3)$$

$$\phi_B = 0,65 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_B = 2,31 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_1 = luas beton yang dibebani, in.² (mm²)

Catatan: Sebuah contoh dari transfer gaya melalui suatu mekanisme tumpuan internal adalah penggunaan pelat baja internal di suatu komponen struktur komposit terisi beton.

3b. Sambungan Geser

Bila gaya yang disalurkan pada suatu *komponen struktu komposit* dibungkus atau *diisi beton* melalui sambungan geser, *kekuatan geser yang tersedia* dari *steel headed stud* atau angkur kanal baja harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_c = \sum Q_{cv} \quad (I6-4)$$

keterangan

$\sum Q_{cv}$ = jumlah dari *kekuatan geser yang tersedia*, ϕQ_{nv} atau Q_{nv} / Ω yang sesuai, dari *steel headed stud* atau angkur kanal baja, ditentukan menurut Pasal I8.3a atau Pasal I8.3d, di tempatkan di *panjang beban pengenalan* seperti dijelaskan dalam Pasal I6.4, kips (N)

3c. Interaksi Lekat Langsung

Bila gaya disalurkan pada suatu *komponen struktur komposit diisi beton* melalui *interaksi lekat langsung*, *kekuatan lekat yang tersedia* antara baja dan beton harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 0,45 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 3,33 \text{ (DKI)}$$

(a) Untuk penampang baja persegi diisi beton:

$$R_n = B^2 C_{in} F_{in} \quad (I6-5)$$

(b) Untuk penampang baja bundar diisi beton:

$$R_n = 0,25\pi D^2 C_{in} F_{in} \quad (I6-6)$$

keterangan

C_{in} = jika 2 komponen struktur komposit diisi beton diperluas pada satu sisi dari titik transfer gaya
= jika 4 komponen struktur komposit diisi beton diperluas pada kedua sisi dari titik transfer gaya

R_n = kekuatan lekat nominal, kips (N)

F_{in} = *tegangan* lekat nominal = 0,06 ksi (0,40 MPa)

B = lebar keseluruhan dari penampang baja persegi sepanjang muka penyalur *beban*, in. (mm)

D = diameter terluar dari *PSB* bundar, in. (mm)

4. Persyaratan Pendetailan

4a. Komponen Struktur Komposit Terbungkus Beton

Angkur baja yang dimanfaatkan untuk menyalurkan geser longitudinal harus didistribusikan di *panjang pengantar beban*, dimana tidak melebihi suatu jarak dua kali dimensi transversal minimum dari *komponen struktur komposit dibungkus beton* di atas dan di bawah daerah penyalur beban. Angkur yang dimanfaatkan untuk menyalurkan geser longitudinal harus ditempatkan pada sedikitnya dua muka dari profil baja pada suatu konfigurasi simetris secara umum di sumbu profil baja.

Spasi angkur baja, di dalam dan di luar dari panjang pengantar beban, harus menurut Pasal I8.3e.

4b. Komponen Struktur Komposit Terisi Beton

Bila diperlukan, angkur baja yang menyalurkan gaya geser longitudinal harus didistribusikan di *panjang pengantar beban*, dimana tidak melebihi suatu jarak dari dua kali dimensi transversal minimum dari suatu komponen struktur baja persegi atau dua kali diameter dari suatu komponen struktur baja bundar di atas dan di bawah daerah penyalur *beban*. Spasi angkur baja di panjang pengantar beban harus sesuai dengan Pasal I8.3e.

17. DIAFRAGMA KOMPOSIT DAN BALOK KOLEKTOR

Diafragma pelat *komposit* dan *balok kolektor* harus dirancang dan didetail untuk menyalurkan *beban* antara diafragma, komponen struktur pembatas diafragma dan elemen kolektor, dan elemen dari sistem penahan gaya lateral.

Catatan: Panduan desain untuk diafragma komposit dan balok kolektor dapat dilihat dalam Penjelasan.

18. ANGKUR BAJA

1. Umum

Diameter dari suatu angkur *steel headed stud* tidak boleh lebih besar dari 2,5 kali ketebalan logam dasar untuk yang dilas, kecuali dilas untuk sayap secara langsung melalui badan.

Pasal I8.2 yang digunakan untuk suatu komponen struktur lentur *komposit* dimana *angkur baja* yang ditanam pada suatu pelat beton solid atau pada suatu pelat yang dicorkan pada dek *baja dicetak*. Pasal I8.3 digunakan untuk semua kasus lainnya.

2. Angkur Baja pada Balok Komposit

Panjang dari angkur *steel headed stud* tidak boleh lebih kecil dari empat kali diameter batang dari dasar angkur *steel headed stud* pada bagian atas dari kepala batang sesudah pemasangan.

2a. Kekuatan dari Angkur *Steel headed stud*

Kekuatan geser nominal satu angkur *steel headed stud* yang ditanam pada suatu pelat beton solid atau pada suatu pelat komposit dengan dek harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u \quad (I8-1)$$

keterangan

A_{sa} = luas penampang dari angkur *steel headed stud*, in.² (mm²)

E_c = modulus elastisitas beton

= $w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, ksi ($0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, MPa)

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari suatu angkur *steel headed stud*, ksi (MPa)

R_g = 1,0 untuk:

- (a) Satu angkur *steel headed stud* yang di las pada suatu rusuk dek baja dengan dek yang diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja;
- (b) Sejumlah dari angkur *steel headed stud* di suatu lajur/baris secara langsung terhadap profil baja;
- (c) Sejumlah dari angkur *steel headed stud* yang di las pada suatu lajur sampai dek baja dengan dek diorientasikan paralel terhadap profil baja dan rasio dari lebar rusuk rata-rata terhadap kedalaman rusuk $\geq 1,5$

= 0,85 untuk:

- (a) Dua angkur *steel headed stud* yang dilas pada suatu rusuk dek baja dengan dek diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja;
- (b) Satu angkur *steel headed stud* yang di las melewati dek baja dengan dek diorientasikan paralel terhadap profil baja dan rasio dari lebar rusuk rata-rata terhadap kedalaman rusuk $< 1,5$

= 0,7 untuk tiga atau lebih angkur *steel headed stud* yang dilas pada suatu rusuk dek baja dengan dek yang diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja

R_p = 0,75 untuk:

- (a) Angkur *steel headed stud* yang dilas secara langsung pada profil baja;
- (b) Angkur *steel headed stud* yang dilas pada suatu pelat komposit dengan dek yang diorientasikan tegak lurus terhadap balok dan $e_{mid-ht} \geq 2$ in. (50 mm);
- (c) Angkur *steel headed stud* yang dilas melewati dek baja, atau lembaran baja yang digunakan sebagai material pengisi gelagar, dan ditanam pada suatu pelat komposit dengan dek diorientasikan paralel terhadap balok tersebut.

= 0,6 untuk angkur *steel headed stud* yang di las pada suatu pelat komposit dengan dek diorientasikan tegak lurus terhadap balok dan $e_{mid-ht} < 2$ in. (50 mm)

e_{mid-ht} = jarak dari tepi kaki angkur *steel headed stud* terhadap badan dek baja, diukur di tengah-tengah dari rusuk dek, dan pada arah tumpuan beban dari angkur *steel headed stud* (dengan

kata lain, pada arah dari momen maksimum untuk suatu balok yang ditumpu sederhana), in. (mm)

Catatan: Tabel di bawah ini memperlihatkan nilai untuk R_g dan R_p untuk setiap kasus. Kapasitas untuk angkur *steel headed stud* dapat ditemukan dalam Manual.

Kondisi	R_g	R_p
Tanpa dek	1,0	1,0
Dek diorientasi paralel terhadap profil baja $\frac{w_r}{h_r} \geq 1,5$	1,0	0,75
$\frac{w_r}{h_r} < 1,5$	0,85**	0,75
Dek diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja Jumlah dari angkur <i>steel headed stud</i> yang memiliki rusuk dek yang sama		
1	1,0	0,6 ⁺
2	0,85	0,6 ⁺
3 atau lebih	0,7	0,6 ⁺

h_r = tinggi rusuk nominal, in. (mm)

w_r = lebar rata-rata dari rusuk atau voute beton (seperti dijelaskan dalam Pasal I3.2c), in. (mm)

** untuk suatu angkur *steel headed stud* tunggal

⁺ nilai ini dapat ditingkatkan sampai 0,75 bila $e_{mid-ht} \geq 2$ in. (51 mm)

2b. Kekuatan dari Angkur Kanal Baja

Kekuatan geser nominal dari satu angkur kanal canai-panas yang ditanam pada pelat beton solid harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_n = 0,3(t_f + 0,5t_w)\ell_a\sqrt{f'_c E_c} \quad (I8-2)$$

keterangan

ℓ_a = panjang angkur kanal, in. (mm)

t_f = ketebalan sayap angkur kanal, in. (mm)

t_w = ketebalan badan angkur kanal, in. (mm)

Kekuatan dari angkur kanal harus dikembangkan dengan pengelasan kanal ke sayap *balok* untuk suatu gaya yang sama dengan Q_n , dengan memperhitungkan eksentrisitas pada konektor.

2c. Jumlah Angkur Baja yang Diperlukan

Jumlah angkur yang diperlukan antara penampang momen lentur maksimum, positif atau negatif, dan penampang yang berdekatan dari momen nol harus sama dengan *geser horizontal* seperti yang ditentukan pada Pasal I3.2d(1) dan I3.2d(2) dibagi dengan kekuatan geser nominal dari satu *angkur baja* seperti ditentukan dari Pasal I8.2a atau Pasal I8.2b. Jumlah dari angkur baja yang diperlukan antara setiap *beban* terpusat dan

titik terdekat dari momen nol harus cukup untuk mengembangkan momen maksimum yang diperlukan di titik beban terpusat.

2d. Persyaratan Pendetailan

Angkur baja yang diperlukan pada setiap sisi dari titik momen lentur maksimum, positif atau negatif, harus didistribusikan secara merata antara titik tersebut dan titik yang berdekatan dari momen nol, kecuali disyaratkan lain pada dokumen kontrak.

Angkur baja harus memiliki paling sedikit 1 in. (25 mm) dari selimut beton lateral dalam arah tegak lurus terhadap gaya geser, kecuali untuk angkur yang dipasang pada rusuk dari dek baja dicetak. Jarak minimum dari pusat suatu angkur ke suatu tepi bebas pada arah dari gaya geser harus 8 in. (203 mm) jika berat normal beton yang digunakan dan 10 in. (250 mm) jika *beton ringan* yang digunakan. ketentuan ACI 318, Lampiran D diperkenankan digunakan sebagai pengganti dari nilai-nilai ini.

Spasi pusat-ke-pusat minimum dari angkur *steel headed stud* harus enam diameter sepanjang sumbu longitudinal dari *balok* komposit pendukung dan empat diameter transversal terhadap sumbu longitudinal dari balok komposit pendukung, kecuali bahwa di rusuk dari dek baja dicetak diorientasikan tegak lurus terhadap balok baja dengan spasi pusat-ke-pusat minimum harus empat diameter pada setiap arah. Spasi pusat-ke-pusat maksimum dari angkur baja tidak boleh melebihi delapan kali ketebalan pelat total atau 36 in. (900 mm).

3. Angkur Baja pada Komponen Komposit

Pasal ini harus diterapkan untuk perancangan dari angkur *steel headed stud* dan angkur kanal baja cor di tempat pada *komponen komposit*.

Ketentuan dari *peraturan bangunan gedung yang berlaku* atau ACI 318, Lampiran D dapat digunakan sebagai pengganti dari ketentuan dalam pasal ini.

Catatan: Ketentuan kekuatan angkur *steel headed stud* dalam pasal ini yang sesuai dengan angkur-angkur ditempatkan terutama pada daerah (sambungan) penyalur *beban* dari *kolom* komposit dan *kolom-balok*, balok komposit terbungkus-beton dan balok komposit diisi beton, *balok* kopel komposit, dan dinding komposit, dimana baja dan beton yang bekerja secara komposit di suatu komponen struktur. Hal ini tidak ditujukan untuk konstruksi hibrid dimana baja dan beton tidak bekerja secara komposit, misalnya dengan mengelilingi pelat-pelat.

Pasal I8.2 mensyaratkan kekuatan dari *angkur baja yang ditanam* pada suatu pelat beton solid atau pada suatu pelat beton dengan dek baja dicetak dalam suatu balok komposit.

Keadaan batas untuk tangkai baja dari angkur dan untuk beton pecah dalam geser yang tercakup secara langsung dalam pasal ini. Tambahan, batasan spasi dan dimensi yang diberikan dalam ketentuan ini menghindari keadaan batas dari sempalnya beton akibat angkur yang dibebani geser dan pecahnya beton untuk angkur yang dibebani tarik menurut ACI 318, Lampiran D.

Untuk beton normal: Angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik tidak boleh kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

Untuk *beton ringan*: Angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari tujuh diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan

tarik tidak boleh kecil dari sepuluh diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. *Kekuatan nominal* dari angkur *steel headed stud* yang menahan interaksi dari geser dan tarik untuk beton ringan harus ditentukan seperti ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku atau ACI 318 Lampiran D.

Angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik harus memiliki suatu diameter dari kepala lebih besar dari atau sama dengan 1,6 kali diameter dari batang.

Catatan: Nilai-nilai yang disajikan tabel yang berikut dari rasio minimum h/d angkur *steel headed stud* untuk setiap kondisi yang dicakup dalam Spesifikasi:

Kondisi Pembebanan	Beton Berat Normal	Beton Ringan
Geser	$h/d \geq 5$	$h/d \geq 7$
Tarik	$h/d \geq 8$	$h/d \geq 10$
Geser dan Tarik	$h/d \geq 8$	N/A*
h/d = rasio dari panjang batang angkur paku berkepala baja terhadap bagian atas dari kepala paku, untuk diameter batang * Mengacu ke ACI 318, Lampiran D untuk perhitungan efek interaksi dari angkur yang ditanam dalam beton ringan.		

3a. Kekuatan Geser dari Angkur *Steel headed stud* pada Komponen Komposit

Bila kekuatan pecah beton dalam geser adalah bukan suatu *keadaan batas* yang berlaku, *kekuatan geser desain*, $\phi_v Q_{nv}$, dan *kekuatan geser yang diizinkan*, Q_{nv} / Ω_v , dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_{nv} = F_u A_{sa} \quad (18-3)$$

$$\phi_v = 0,65 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega_v = 2,31 \quad (\text{DKI})$$

keterangan

Q_{nv} = kekuatan geser nominal dari angkur *steel headed stud*, kips (N)

A_{sa} = luas penampang dari angkur *steel headed stud*, in.² (mm²)

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari suatu angkur *steel headed stud*, ksi (MPa)

Bila kekuatan pecah beton dalam geser adalah suatu *keadaan batas* yang berlaku, *kekuatan geser yang tersedia* dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan melalui satu dari yang berikut:

- (1) Bila tulangan angkur diperhitungkan sesuai dengan Bab 12 dari ACI 318 pada kedua sisi dari *permukaan pecah beton* untuk angkur *steel headed stud*, minimum dari kekuatan geser nominal baja dari Persamaan 18-3 dan *kekuatan nominal* dari tulangan angkur harus digunakan untuk kekuatan geser nominal, Q_{nv} , dari angkur *steel headed stud*.
- (2) Seperti ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku* atau ACI 318, Lampiran D.

Catatan: Jika kekuatan pecah beton dalam geser adalah suatu *keadaan batas* yang dapat dipakai (untuk contoh, dimana prisma pecah tidak tertahan oleh suatu pelat baja berdekatan, sayap atau badan), tulangan angkur yang sesuai yang diperlukan untuk ketentuan dari pasal ini

boleh digunakan. Alternatif, ketentuan dari peraturan bangunan gedung yang berlaku atau ACI 318, Lampiran D dapat digunakan.

3b. Kekuatan Tarik dari Angkur *Steel headed stud* pada Komponen Komposit

Bila jarak dari pusat suatu angkur ke tepi bebas beton pada arah tegak lurus terhadap tinggi dari angkur *steel headed stud* yang lebih besar dari atau sama dengan 1,5 kali tinggi dari angkur *steel headed stud* yang diukur ke bagian atas dari kepala paku, dan dimana spasi pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* adalah lebih besar dari atau sama dengan tiga kali tinggi dari angkur *steel headed stud* yang diukur ke bagian atas dari kepala paku, *kekuatan tarik yang tersedia* dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_{nt} = F_u A_{sa} \quad (18-4)$$

$$\phi_t \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

Q_{nt} = *kekuatan tarik nominal* dari angkur *steel headed stud*, kips (N)

Bila jarak dari pusat suatu angkur ke suatu tepi bebas beton dalam arah tegak lurus terhadap tinggi dari angkur *steel headed stud* adalah kurang dari 1,5 kali tinggi dari angkur *steel headed stud* yang diukur terhadap bagian atas dari kepala paku, atau dimana spasi pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* kurang dari tiga kali tinggi dari angkur *steel headed stud* terhadap bagian atas dari kepala paku, *kekuatan tarik nominal* dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan melalui satu dari yang berikut:

- Bila tulangan angkur diperhitungkan menurut Bab 12 dari ACI 318 pada kedua sisi dari *permukaan pecah beton* untuk angkur *steel headed stud*, minimum dari *kekuatan tarik nominal* baja dari Persamaan 18-4 dan *kekuatan nominal* dari tulangan angkur harus digunakan untuk *kekuatan tarik nominal*, Q_{nt} , dari angkur *steel headed stud*.
- Seperti yang ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku* atau ACI 318, Lampiran D.

Catatan: Tulangan pengekang tambahan yang direkomendasikan sekitar angkur untuk angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik untuk menghindari efek tepi atau efek dari angkur berspasi rapat. Lihat Penjelasan dan ACI 318, Pasal D5.2.9 untuk panduan.

3c. Kekuatan Angkur *Steel Headed Stud* untuk Interaksi Geser dan Tarik pada Komponen Komposit

Jika *kekuatan pecah beton* (dalam geser) tidak menentukan *keadaan batas*, dan bila jarak dari pusat suatu angkur ke suatu tepi bebas dari beton dalam arah tegak lurus terhadap tinggi dari angkur *steel headed stud* adalah lebih besar atau sama dengan 1,5 kali tinggi dari angkur *steel headed stud* diukur ke bagian atas dari kepala paku, dan bila spasi pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* adalah lebih besar atau sama dengan tiga kali tinggi dari angkur *steel headed stud* diukur ke bagian atas dari kepala paku, *kekuatan nominal* untuk interaksi dari geser dan tarik dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan sebagai berikut:

$$\left[\left(\frac{Q_{rt}}{Q_{ct}} \right)^{5/3} + \left(\frac{Q_{rv}}{Q_{cv}} \right)^{5/3} \right] \leq 1,0 \quad (I8-5)$$

keterangan

Q_{ct} = kekuatan tarik yang tersedia, kips (N)

Q_{rt} = kekuatan tarik perlu, kips (N)

Q_{cv} = kekuatan geser yang tersedia, kips (N)

Q_{rv} = kekuatan geser perlu, kips (N)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK):

Q_{rt} = kekuatan tarik perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)

$Q_{ct} = \phi_t Q_{nt}$ = kekuatan tarik desain, ditentukan menurut Pasal I8.3a, kips (N)

Q_{rv} = kekuatan geser perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)

$Q_{cv} = \phi_v Q_{nv}$ = kekuatan geser desain, ditentukan menurut Pasal I8.3a, kips (N)

ϕ_t = faktor ketahanan untuk tegangan = 0,75

ϕ_v = faktor ketahanan untuk geser = 0,65

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI):

Q_{rt} = kekuatan tarik perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)

$Q_{ct} = Q_{nt} / \Omega_t$ = kekuatan tarik yang diizinkan, ditentukan sesuai dengan Pasal I8.3b, kips (N)

Q_{rv} = kekuatan geser perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)

$Q_{cv} = Q_{nv} / \Omega_v$ = kekuatan geser yang diizinkan, ditentukan menurut Pasal I8.3a, kips (N)

Ω_t = faktor keamanan untuk tegangan = 2,00

Ω_v = faktor keamanan untuk geser = 2,31

Bila kekuatan pecah beton dalam geser adalah suatu keadaan batas yang diatur, atau dimana jarak dari pusat dari suatu angkur ke suatu tepi bebas dari beton dalam arah tegak lurus terhadap tinggi dari angkur *steel headed stud* adalah kurang dari 1,5 kali tinggi dari angkur *steel headed stud* yang diukur ke bagian atas dari kepala paku, atau dimana spasi pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* adalah kurang dari tiga kali tinggi dari angkur *steel headed stud* ke bagian atas dari kepala paku, kekuatan nominal untuk interaksi dari geser dan tegangan dari satu angkur *steel headed stud* harus ditentukan melalui satu dari yang berikut:

- (a) Bila tulangan angkur diperhitungkan menurut Bab 12 dari ACI 318 pada kedua sisi dari *permukaan pecah beton* untuk angkur *steel headed stud*, minimum dari kekuatan geser nominal baja dari Persamaan I8-3 dan kekuatan nominal dari tulangan angkur harus digunakan untuk kekuatan geser nominal, Q_{nv} , dari angkur *steel headed stud*, dan minimum dari kekuatan tarik nominal baja dari Persamaan I8-4 dan kekuatan nominal dari tulangan angkur harus digunakan untuk kekuatan tarik nominal, Q_{nt} , dari angkur *steel headed stud* untuk penggunaan dalam Persamaan I8-5.
- (b) Seperti ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku* atau ACI 318, Lampiran D.

3d. Kekuatan Geser Angkur Kanal Baja pada Komponen Komposit

Kekuatan geser yang tersedia dari angkur kanal baja harus berdasarkan pada ketentuan Pasal I8.2b dengan faktor ketahanan dan faktor keamanan seperti yang disyaratkan di bawah.

$$\phi_v = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \qquad \Omega_v = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

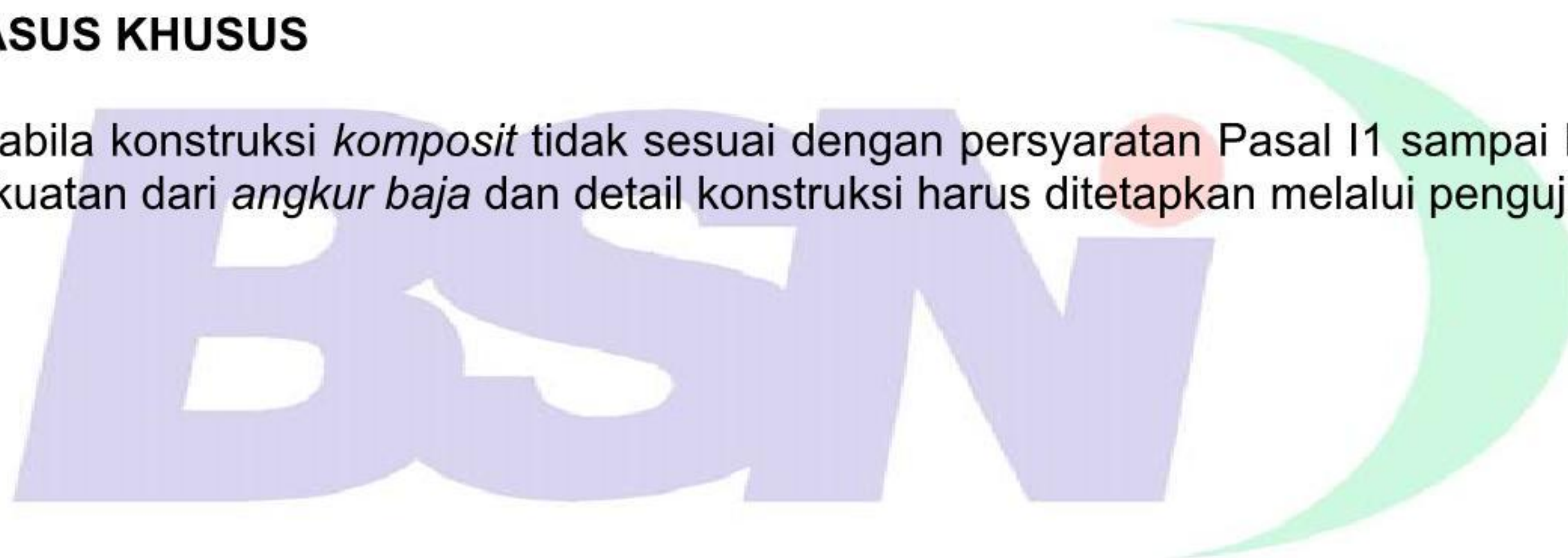
3e. Persyaratan Pendetailan pada Komponen Komposit

Angkur baja harus memiliki sedikitnya 1 in. (25 mm) dari selimut beton bersih lateral. Spasi minimum pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* harus empat diameter dalam setiap arah. Spasi maksimum pusat-ke-pusat dari angkur *steel headed stud* tidak boleh melebihi 32 kali diameter shank. Spasi maksimum pusat-ke-pusat dari angkur kanal baja harus 24 in. (600 mm).

Catatan: Persyaratan pendetailan yang diberikan dalam pasal ini adalah batas absolut. Lihat Pasal I8.3a, I8.3b dan I8.3c untuk pembatasan tambahan yang diperlukan untuk menghindari tepi dan pertimbangan efek group.

I9. KASUS KHUSUS

Apabila konstruksi *komposit* tidak sesuai dengan persyaratan Pasal I1 sampai Pasal I8, kekuatan dari *angkur baja* dan detail konstruksi harus ditetapkan melalui pengujian.



BAB J DESAIN SAMBUNGAN

Bab ini membahas elemen-elemen penyambung, konektor, dan elemen yang dipengaruhi komponen struktur yang disambung dan tidak menahan *beban fatik*.

Bab ini diatur sebagai berikut:

- J1. Ketentuan Umum
- J2. Las
- J3. Baut dan Bagian-Bagian Berulir
- J4. Elemen Terpengaruh dari Komponen Struktur dan Elemen Penyambung
- J5. Pengisi
- J6. *Splice*
- J7. Kekuatan Penumpu
- J8. Dasar Kolom dan Penumpu Beton
- J9. Batang Angkur dan Penanaman
- J10. Sayap dan Badan dengan Gaya-gaya Terpusat

Catatan: Untuk kasus yang tidak termasuk dalam bab ini, gunakan pasal berikut:

- Bab K. Desain Sambungan Komponen Struktur PSB dan Boks
- Lampiran 3. Desain untuk fatik

J1. Ketentuan Umum

1. Dasar Desain

Kekuatan desain, ϕR_n , dan *kekuatan yang diizinkan* R_n/Ω , dari sambungan harus ditentukan menurut ketentuan bab ini dan ketentuan Bab B.

Kekuatan perlu sambungan harus ditentukan oleh *analisis struktur* untuk *beban desain* yang disyaratkan, konsisten dengan tipe konstruksi yang disyaratkan, atau merupakan suatu proporsi kekuatan yang diperlukan dari komponen struktur yang disambung bila disyaratkan di sini.

Bila sumbu gravitasi dari perpotongan komponen struktur yang dibebani secara aksial tidak memotong pada satu titik, efek eksentrisitas harus diperhitungkan.

2. Sambungan Sederhana

Sambungan sederhana dari *balok*, gelagar dan rangka batang harus didesain sebagai sambungan fleksibel dan diizinkan dimensinya ditentukan hanya untuk menerima reaksi geser, kecuali dinyatakan lain dalam dokumen desain. Sambungan balok yang fleksibel harus mengakomodasi rotasi ujung dari balok sederhana. Beberapa deformasi inelastis tetapi yang dibatasi-sendiri dalam sambungan diizinkan untuk mengakomodasi rotasi ujung dari balok sederhana.

3. Sambungan Momen

Sambungan ujung dari *balok*, gelagar, dan rangka batang yang dikekang harus didesain untuk efek kombinasi *gaya-gaya* yang dihasilkan dari momen dan geser yang disebabkan oleh kekakuan sambungan. Kriteria respons untuk sambungan momen dijelaskan dalam Pasal B3.6b.

Catatan: Lihat Bab C dan Lampiran 7 tentang persyaratan analisis untuk menetapkan *kekuatan yang diperlukan* untuk desain sambungan.

4. Komponen Struktur Tekan Dengan Joint Tumpu

Komponen struktur tekan yang mengandalkan *tumpuan* untuk menyalurkan *beban* harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Bila *kolom* menumpu pada pelat tumpuan atau sudah ditumpukan pada *splice*, maka harus ada konektor yang cukup untuk memegang semua bagian yang aman di tempatnya.
- (2) Bila komponen struktur tekan selain dari kolom selesai bertumpu, material *splice* dan konektornya harus diatur untuk memegang semua bagian di garisnya dan kekuatan yang diperlukannya harus lebih kecil dari:
 - (i) Suatu gaya tarik aksial 50 % dari kekuatan tekan yang diperlukan komponen struktur; atau
 - (ii) Momen dan geser yang dihasilkan dari suatu beban transversal sebesar 2 % dari kekuatan tekan yang diperlukan dari komponen struktur. Beban transversal harus digunakan di lokasi *splice* eksklusif dari beban-beban yang bekerja pada komponen struktur. Komponen struktur tersebut harus dianggap sebagai sendi untuk penentuan geser dan momen pada *splice*.

Catatan: Semua *joint* tekan juga harus diproporsikan untuk menahan setiap gaya tarik yang dikembangkan oleh *kombinasi beban* yang ditetapkan dalam Pasal B2.

5. *Splice* pada Profil Besar

Bila gaya tarik atau lentur digunakan untuk disalurkan melalui *splice* di profil besar, seperti dijelaskan dalam Pasal A3.1c dan A3.1d, melalui las tumpul penetrasi-joint-lengkap (PJL), ketentuan yang berikut diterapkan: (1) persyaratan kekerasan-takik material seperti diberikan dalam Pasal A3.1c dan A3.1d; (2) detail lubang akses las seperti diberikan dalam Pasal J1.6; (3) persyaratan *logam pengisi* seperti diberikan dalam Pasal J2.6; dan (4) persiapan permukaan pemotongan termal dan persyaratan pemeriksaan seperti diberikan dalam Pasal M2.2. Ketentuan sebelumnya tidak berlaku untuk *splice* dari elemen *profil tersusun* yang di las sebelum perakitan profil.

Catatan: *Splice* dari profil besar yang di las tumpul penetrasi-joint-lengkap (PJL) dapat menunjukkan efek yang merugikan dari penyusutan las. Komponen struktur yang ukurannya ditentukan untuk tekan yang juga menahan gaya tarik dapat kurang rentan terhadap kerusakan dari susut jika komponen struktur tersebut disambung menggunakan las tumpul PJL penetrasi-joint-sebagian pada sayap-sayap dan pelat-pelat badan di las-sudut, atau menggunakan baut-baut untuk beberapa atau semua *splice*.

6. Lubang Akses Las

Semua lubang-lubang akses las yang diperlukan untuk memfasilitasi pelaksanaan pengelasan harus didetail untuk memberi ruang untuk las pendukung seperti yang diperlukan. Lubang akses harus memiliki suatu panjang dari tumitnya dari persiapan las tidak kurang dari $1 \frac{1}{2}$ dikalikan ketebalan material di lubang yang dibuat, juga tidak kurang dari $1 \frac{1}{2}$ in. (38 mm). Lubang akses harus memiliki suatu tinggi tidak kurang dari ketebalan material dengan lubang akses, juga tidak kurang dari $\frac{3}{4}$ in. (19 mm), tapi tidak perlu melebihi 2 in. (50 mm).

Untuk profil yang di las atau di las sebelum pemotongan, tepi dari badan harus dimiringkan atau dilengkungkan dari permukaan sayap ke permukaan *reentrant* dari lubang akses tersebut. Pada profil canai-panas, dan *profil tersusun* dengan *las-las tumpul* PJL yang menghubungkan sayap-ke-badan, lubang akses las harus bebas dari takik dan *reentrant*. Lengkungan dari lubang akses las harus memiliki suatu jari-jari lebih dari 3/8 in. (10 mm).

Pada profil tersusun dengan las sudut atau *las tumpul penetrasi-joint-sebagian* yang menghubungkan sayap-ke-badan, lubang-lubang akses las harus bebas dari takik dan *reentrant*. Lubang akses harus diizinkan untuk berhenti tegak lurus sayap, menyediakan las yang dihentikan sedikitnya sejarak sama dengan ukuran las sepanjang dari lubang akses.

Untuk profil besar seperti dijelaskan pada Pasal A3.1c dan A3.1d, permukaan pemotongan secara termal dari lubang-lubang akses las harus diberi dasar dari logam ringan dan diperiksa oleh salah satu partikel magnetik atau metode penetrasi pewarna sebelum pengendapan dari las-las *splice*. Jika bagian transisi yang dilengkungkan dari lubang-lubang akses las yang dibentuk dengan lubang-lubang pra-dibor atau digergaji, bagian dari lubang las tersebut tidak perlu diratakan. Lubang-lubang akses las dalam bentuk lainnya tidak perlu diratakan maupun diperiksa dengan penetrasi pewarna atau metode partikel magnetik.

7. Penempatan Las dan Baut

Kelompok las atau baut di ujung-ujung dari setiap komponen struktur yang menyalurkan gaya aksial ke komponen struktur ukurannya harus diatur sedemikian rupa sehingga titik berat dari kelompok berhimpit dengan titik berat dari komponen struktur, kecuali bila eksentrisitas ikut diperhitungkan. Ketentuan ini tidak berlaku untuk sambungan ujung dari siku tunggal, siku ganda dan komponen struktur semacamnya.

8. Baut dalam Kombinasi Dengan Las

Baut-baut tidak boleh dianggap berbagi beban dalam kombinasi dengan las, kecuali pada sambungan geser untuk setiap mutu baut yang diizinkan dalam Pasal A3.3, yang dipasang pada lubang-lubang standar atau slot pendek yang tegak lurus terhadap arah beban, diizinkan untuk dianggap berbagi beban dengan *las sudut* yang dibebani secara longitudinal. Pada sambungan seperti ini *kekuatan baut yang tersedia* tidak boleh diambil lebih besar dari 50 % dari kekuatan tersedia dari baut-baut tipe-tumpu pada sambungan tersebut.

Dalam pembuatan perubahan las pada struktur, paku keling yang ada dan baut-baut kekuatan-tinggi yang memenuhi persyaratan untuk *sambungan kritis-slip* diizinkan untuk digunakan untuk menahan beban yang ada di waktu perubahan dan pengelasan yang hanya perlu memberi kekuatan perlu tambahan.

9. Baut Kekuatan-Tinggi dalam Kombinasi Dengan Paku Keling

Pada pekerjaan baru dan perubahan, pada sambungan-sambungan didesain sebagai *sambungan-sambungan kritis-slip* menurut ketentuan Pasal J3, baut-baut kekuatan-tinggi diizinkan diperhitungkan sebagai berbagi *beban* dengan paku-paku keling yang ada.

10. Pembatasan pada Sambungan Dengan Baut dan Sambungan Dengan Las

Joint dengan *baut pra-tarik* atau las harus digunakan untuk sambungan yang berikut:

- (1) *Splice kolom* pada semua struktur bertingkat-banyak dalam tinggi di atas 125 ft (38 m)
- (2) Sambungan dari semua *balok* dan *gelagar* ke kolom dan setiap balok dan gelagar lainnya dimana *breising* kolom tergantung pada struktur yang tingginya di atas 125 ft (38 m)
- (3) Pada semua struktur yang menahan keran yang kapasitasnya di atas 5 ton (50 kN): *splice* rangka batang atap dan sambungan rangka batang ke kolom; *splice* kolom; *breising* kolom; *breis knee*; dan penumpu keran
- (4) Sambungan untuk penumpu mesin/perengkapan dan *beban-beban* hidup lainnya yang menghasilkan impak atau perubahan beban

Joint dengan pengencangan pas atau *joint* dengan baut-baut ASTM A307 harus diizinkan kecuali disyaratkan lain.

J2. Las

Semua ketentuan AWS D1.1/D1.1M berlaku pada Spesifikasi ini, dengan pengecualian bahwa ketentuan dari Pasal Spesifikasi yang terdaftar di bawah, yang digunakan pada Spesifikasi ini sebagai pengganti ketentuan AWS yang dikutip sebagai berikut:

- (1) Pasal J1.6 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Pasal 5.17.1
- (2) Pasal J2.2a sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Pasal 2.3.2
- (3) Tabel J2.2 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Tabel 2.1
- (4) Tabel J2.5 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Tabel 2.3
- (5) Lampiran 3, Tabel A-3.1 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Tabel 2.5
- (6) Pasal B3.11 dan Lampiran 3 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Pasal 2, Bagian C
- (7) Pasal M2.2 sebagai pengganti AWS D1.1/D1.1M, Pasal 5.15.4.3 dan 5.15.4.4

1. Las Tumpul

1a. Area Efektif

Area efektif dari *las tumpul* harus diperhitungkan sebagai panjang-las dikalikan *throat* efektif.

Throat efektif dari *las tumpul penetrasi-joint-lengkap (PJL)* harus ketebalan dari bagian yang tertipis dijoin.

Throat efektif dari *las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS)* harus seperti yang tertera pada Tabel J2.1.

TABEL J2.1 – Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi-Joint-Sebagian

Proses pengelasan	Posisi Pengelasan F (datar), H (horizontal), V (vertikal), OH (overhead)	Tipe Las Tumpul (AWS D1.1/D1.1M, Gambar 3.3)	Throat Efektif
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Las tumpul J atau U V 60°	Tinggi las tumpul
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)			
Submerged arc (SAW)	F	Las tumpul J atau U Miring 60° atau V	Tinggi las tumpul
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)	F, H	Miring 45°	
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Miring 45°	Tinggi las tumpul dikurangi 1/8 in. (3 mm)
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)	V, OH		

Catatan: Ukuran *throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian tergantung pada proses yang digunakan dan posisi las. Dokumen kontrak harus baik menunjukkan *throat* efektif yang diperlukan atau kekuatan las perlu, dan fabrikator harus mendetail *joint* berdasarkan proses las dan posisi yang digunakan untuk las *joint*.

Ukuran las efektif untuk las tumpul yang melebar, bila diisi aliran permukaan batang tulangan bundar, suatu bengkokkan 90° pada suatu *penampang tercetak*, atau *PSB* persegi harus seperti tertera dalam Tabel J2.2, kecuali *throat* efektif lainnya yang dibuktikan melalui pengujian. Ukuran efektif las tumpul yang melebar kurang dari aliran harus seperti tertera dalam Tabel J2.2, dikurangi dimensi tegak lurus terbesar yang diukur dari suatu garis aliran ke permukaan logam dasar pada permukaan las.

Throat efektif yang lebih besar dari yang di Tabel J2.2 diizinkan untuk spesifikasi prosedur pengelasan tertentu, asalkan fabrikator dapat ditetapkan melalui kualifikasi produksi konsisten dari *throat* efektif yang lebih besar. Kualifikasi harus terdiri dari penampang las tegak lurus terhadap sumbunya, di tengah-panjang dan ujung terminal/sambungan. Penampang harus dibuat pada beberapa kombinasi ukuran material yang mewakili rentang yang digunakan pada fabrikasi.

Tabel J2.2 – *Throat* Las Efektif dari Las Tumpul Melebar

Proses Pengelasan	Las Tumpul Takik Melebar ^[a]	Las Tumpul V Melebar
GMAW dan FCAW-G	5/8 R	3/4 R
SMAW dan FCAW-S	5/16 R	5/8 R
SAW	5/16 R	1/2 R
^[a] Untuk Las Tumpul Takik Melebar dengan $R < 3/8$ in. (10 mm) yang hanya menggunakan las sudut perkuatan pada joint flush terisi. Catatan: R = radius permukaan joint (dapat diasumsikan sebesar 2t untuk PSB), in. (mm)		

Tabel J2.3 – *Throat* Efektif Minimum dari Las Tumpul Penetrasi-Joint-Sebagian

Ketebalan Material dari Bagian yang lebih Tipis Disambungan, in. (mm)	<i>Throat</i> Efektif Minimum, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Besar dari ¼ (6) sampai ½ (13)	3/16 (5)
Besar dari ½ (13) sampai ¾ (19)	¼ (6)
Besar dari ¾ (19) sampai 1 ½ (38)	5/16 (8)
Besar dari 1 ½ (38) sampai 2 ¼ (57)	3/8 (10)
Besar dari 2 ¼ (57) sampai 6 (150)	½ (13)
Besar dari 6 (150)	5/8 (16)
^[a] Lihat Tabel J2.1	

1b. Pembatasan

Throat efektif minimum dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian tidak boleh kecil dari ukuran yang diperlukan untuk menyalurkan gaya yang dihitung atau ukuran yang tertera dalam Tabel J2.3. Ukuran las minimum yang ditentukan oleh tertipis dari dua bagian yang tersambung.

2. Las Sudut

2a. Luas Efektif

Luas efektif dari suatu las sudut adalah panjang efektif dikalikan dengan *throat* efektif. *Throat* efektif dari suatu las sudut merupakan jarak terpendek (garis tinggi) dari perpotongan kaki las ke muka las diagrammatik. Suatu penambahan dalam *throat* efektif diizinkan jika penetrasi konsisten di luar jarak terpendek (garis tinggi) dari perpotongan kaki las ke muka las diagrammatik yang dibuktikan melalui pengujian dengan menggunakan proses produksi dan variabel prosedur.

Untuk las sudut dalam lubang dan slot, panjang efektif harus panjang dari sumbu las sepanjang pusat bidang yang melalui *throat*. Pada kasus las sudut yang beroverlap, luas efektif tidak boleh melebihi luas penampang nominal dari lubang atau slot, dalam bidang permukaan lekatan.

2b. Pembatasan

Ukuran minimum las sudut harus tidak kurang dari ukuran yang diperlukan untuk menyalurkan gaya yang dihitung, atau ukuran seperti yang tertera dalam Tabel J2.4. Ketentuan ini tidak boleh diterapkan pada *perkuatan las sudut* dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian atau las tumpul penetrasi-joint-lengkap.

Tabel J2.4 – Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	¼ (6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16 (8)
^[a] Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan. Catatan: Lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut.	

Ukuran maksimum dari *las sudut* dari bagian-bagian yang tersambung harus:

- (a) Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari ¼ in. (6 mm); tidak lebih besar dari ketebalan material.
- (b) Sepanjang tepi material dengan ketebalan ¼ in. (6 mm) atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 1/16 in. (2 mm), kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan *throat*-penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 1/16 in. (2 mm) bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan tidak melebihi ¼ dari panjangnya. Jika las sudut longitudinal saja digunakan pada sambungan ujung dari komponen struktur tarik tulangan-rata, panjang dari setiap las sudut tidak boleh kurang dari jarak tegak lurus antaranya. Untuk efek panjang las sudut longitudinal pada sambungan ujung di daerah efektif dari komponen struktur yang disambung, lihat Pasal D3.

Untuk las sudut yang dibebani ujungnya dengan panjang meningkat 100 kali ukuran las, hal ini diizinkan untuk mengambil *panjang efektif* sama dengan panjang aktual. Bila panjang las sudut yang dibebani ujungnya melebihi 100 kali ukuran las, panjang efektif harus ditentukan dengan mengalikan panjang aktual dengan faktor reduksi, β , ditentukan sebagai berikut:

$$\beta = 1,2 - 0,002 (\ell / W) \leq 1,0 \quad (J2-1)$$

keterangan

ℓ = panjang aktual las yang dibebani ujungnya, in. (mm)

W = ukuran dari kaki las, in. (mm)

Bila panjang las melebihi 300 kali ukuran kaki, W , panjang efektif harus diambil sebesar $180 W$.

Las sudut berselang-seling boleh digunakan untuk menyalurkan *tegangan* terhitung yang melewati suatu *joint* atau *permukaan lekatan* dan untuk menghubungkan komponen-komponen dari *komponen struktur tersusun*. Panjang dari setiap segmen las sudut berselang-seling tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las, dengan suatu minimum 1 ½ in. (38 mm).

Pada *joint lewatan*, jumlah minimum dari lewatan harus lima kali ketebalan dari bagian tertipis yang dihubungkan, tetapi tidak kurang dari 1 in. (25 mm). Joint lewatan yang menghubungkan pelat atau batang tulangan yang menahan tegangan aksial yang hanya memanfaatkan las sudut transversal harus di las sudut sepanjang ujung kedua bagian yang disambung-lewatkan, kecuali dimana defleksi dari bagian yang disambung-lewatkan adalah bisa cukup dikekang untuk mencegah bukaan dari joint akibat pembebanan maksimum.

Penghentian las sudut boleh dihentikan pendek atau diperpanjang sampai ke ujung atau sisi dari bagian-bagian atau di boks kecuali seperti dibatasi oleh yang berikut ini:

- (1) Untuk elemen komponen struktur yang overlap di mana satu bagian yang disambungan diperpanjang melampaui tepi bagian lain yang terhubung yang

menahan tegangan tarik terhitung, las sudut harus dihentikan tidak kurang dari ukuran las dari tepi itu.

- (2) Untuk *sambungan* dimana fleksibilitas elemen berdiri-bebas diperlukan, bila *end return* digunakan, panjang *return* tersebut tidak boleh melebihi empat kali ukuran nominal las atau setengah lebar dari bagian tersebut.
- (3) Las sudut yang menghubungkan *pengaku transversal* ke badan *gelagar pelat* tebal $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) atau kurang akan berakhir tidak kurang dari empat kali atau lebih dari enam kali ketebalan badan dari ujung kaki badan las sayap-ke-badan, kecuali bila ujung *pengaku* dilas ke sayap.
- (4) Las sudut yang terjadi pada sisi yang berlawanan dari suatu bidang yang sama, harus diputus di sudut yang sama pada kedua las.

Catatan: Penghentian las sudut harus terletak kira-kira satu ukuran las dari tepi sambungan untuk meminimalkan takik dalam logam dasar. Las sudut dihentikan pada ujung joint, selain menghubungkan pengaku tersebut ke badan gelagar, tidak menyebabkan dilakukan koreksi.

Las sudut di lubang atau slot boleh digunakan untuk menyalurkan geser dan menahan beban tegak lurus terhadap permukaan lekatan di joint lewatan atau untuk mencegah tekuk atau pemisahan dari bagian-bagian yang overlap dan menghubungkan elemen dari komponen struktur tersusun. Las sudut tersebut boleh overlap, memenuhi ketentuan Pasal J2. Las sudut di lubang atau slot tidak boleh diperhitungkan sebagai las plug atau *las slot*.

3. Las Plug dan Slot

3a. Luas Efektif

Luas geser efektif dari *las plug* dan *las slot* harus diperhitungkan sebagai luas penampang nominal dari lubang atau slot pada bidang permukaan lekatan.

3b. Pembatasan

Las plug atau slot boleh digunakan untuk menyalurkan gaya geser di *joint lewatan* atau untuk mencegah tekuk atau pemisahan dari bagian-bagian yang disambung-lewatkan dan untuk menghubungkan bagian-bagian elemen dari *komponen struktur tersusun*.

Diameter lubang-lubang untuk *las plug* tidak boleh kurang dari ketebalan dari bagian yang berisi itu ditambah $\frac{5}{16}$ in. (8 mm), dibulatkan ke yang berikutnya ekstra lebih besar $\frac{1}{16}$ in. (sama mm), atau lebih besar dari diameter minimum ditambah $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) atau $2 \frac{1}{4}$ kali ketebalan las.

Spasi minimum las plug pusat-ke-pusat harus empat kali diameter lubang.

Panjang slot untuk las slot tidak boleh melebihi 10 kali tebal las. Lebar slot tidak boleh kurang dari ketebalan bagian yang berisi itu ditambah $\frac{5}{16}$ in. (8 mm) dibulatkan ke atas mendekati $\frac{1}{16}$ in. (mm genap) berikut, atau lebih besar dari $2 \frac{1}{4}$ kali tebal las. Ujung-ujung slot harus berbentuk setengah lingkaran atau memiliki sudut yang dibulatkan ke suatu jari-jari yang tidak kurang dari ketebalan dari bagian yang berisi itu, kecuali ujung-ujung ini diperpanjang ke tepi dari bagian tersebut.

Spasi minimum garis las slot di arah tegak lurus terhadap panjangnya harus empat kali lebar slot. Spasi minimum pusat-ke-pusat dalam suatu arah longitudinal pada setiap garis harus dua kali panjang slot.

Tebal las plug atau slot pada material dengan ketebalan 5/8 in. (16 mm) atau kurang harus sama dengan tebal material. Pada material dengan ketebalan melebihi 5/8 in. (16 mm), tebal las harus sedikitnya setengah dari ketebalan material tetapi tidak kurang dari 5/8 in. (16 mm).

4. Kekuatan

Kekuatan desain, ϕR_n dan *kekuatan yang diizinkan*, R_n/Ω , dari joint yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut *keadaan batas* dari *keruntuhan tarik* dan *keruntuhan geser* dan *kekuatan logam las* yang ditentukan menurut keadaan batas dari *keruntuhan* berikut ini:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (\text{J2-2})$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{J2-3})$$

keterangan

F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar, ksi (MPa)

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las, ksi (MPa)

A_{BM} = luas penampang logam dasar, in.² (mm²)

A_{we} = luas efektif las, in.² (mm²)

Nilai ϕ , Ω , F_{nBM} , dan F_{nw} serta batasan di atas diberikan pada Tabel J2.5.

Tabel J2.5 – Kekuatan Tersedia dari Joint Dilas, ksi (MPa)

Tipe Beban dan Arah Relatif ke Sumbu Las	Logam yang Bersangkutan	ϕ dan Ω	Tegangan Nominal (F_{nBM} atau F_{nw}) ksi (MPa)	Luas Efektif (A_{BM} atau A_{we}) in. ² (mm ²)	Tingkat Kekuatan Logam Pengisi yang Disyaratkan ^{[a][b]}
LAS TUMPUL PENETRASI-JOINT-LENGKAP					
Tarik Tegak lurus sumbu las	Kekuatan joint ditentukan oleh logam dasar				Logam pengisi yang sesuai harus digunakan. Untuk joint T dan sudut dengan pendukung yang ditinggal, diperlukan logam pengisi takik keras. Lihat Pasal J2.6
Tekan Tegak lurus sumbu las	Kekuatan joint ditentukan oleh logam dasar				Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau satu tingkat di bawah kekuatan logam pengisi yang sesuai
Tarik atau tekan Sejajar sumbu las	Tarik atau tekan pada bagian yang tersambung sejajar las tidak perlu diperhitungkan dalam desain las-las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut.				Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau kurang dari kekuatan logam pengisi yang sesuai
Geser	Kekuatan joint ditentukan melalui logam dasar				Logam pengisi yang sesuai harus digunakan. ^[c]
LAS TUMPUL PENETRASI-JOINT-SEBAGIAN TERMASUK LAS TUMPUL V MELEBAR DAN LAS TUMPUL MIRING MELEBAR					
Tarik Tegak lurus sumbu las	Dasar	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	F_u	Lihat J4	Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau kurang dari kekuatan logam pengisi yang sesuai
	Las	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,60 F_{EXX}$	Lihat J2.1a	
Tekan Kolom pada pelat dasar dan sambungan kolom yang didesain menurut Pasal J1.4(1)	Tegangan tekan tidak perlu diperhitungkan dalam desain las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut.				
Tekan Sambungan dari komponen struktur yang didesain untuk memikul selain kolom seperti dijelaskan dalam Pasal J1.4(2)	Dasar	$\phi = 0,90$ $\Omega = 1,67$	F_y	Lihat J4	
	Las	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,60 F_{EXX}$	Lihat J2.1a	
Tekan Sambungan tidak menumpu penuh	Dasar	$\phi = 0,90$ $\Omega = 1,67$	F_y	Lihat J4	
	Las	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,90 F_{EXX}$	Lihat J2.1a	
Tarik atau tekan Sejajar sumbu las	Tarik atau tekan dalam bagian-bagian yang dihubungkan sejajar las tidak perlu diperhitungkan dalam desain las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut				
Geser	Dasar	Diatur oleh J4			
	Las	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$0,60 F_{EXX}$	Lihat J2.1a	

Tabel J2.5-Kekuatan Tersedia Joint Dilas, kips (N) (Lanjutan)

Tipe Beban dan Arah Relatif ke Sumbu Las	Logan yang Bersangkutan	ϕ dan Ω	Tegangan Nominal (F_{nBM} atau F_{nw}) ksi (MPa)	Luas Efektif (A_{BM} atau A_{we}) in. ² (mm ²)	Tingkat Kekuatan Logam Pengisi yang Disyaratkan ^{[a][b]}
LAS SUDUT TERMASUK FILLET PADA LUBANG DAN SLOT SERTA JOIN-T TIDAK SIMETRIS					
Geser	Dasar	Diatur oleh J4			Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau kurang dari kekuatan logam pengisi yang sesuai
	Las	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$0,60 F_{EXX}$ ^[d]	Lihat J2.2a	
Tarik atau tekan Sejajar sumbu las	Tarik atau tekan dalam bagian-bagian yang dihubungkan sejajar las tidak perlu diperhitungkan dalam desain las-las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut				
LAS SUMBAT/PLUG DAN SLOT					
Geser Sejajar permukaan lekatan pada daerah efektif	Dasar	Diatur oleh J4			Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau kurang dari kekuatan logam pengisi yang sesuai
	Las	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$0,60 F_{EXX}$	J2.3a	

^[a] Untuk logam las yang sesuai, lihat AWS D1.1, Pasal 3.3.

^[b] Logam pengisi dengan suatu tingkat kekuatan satu tingkat kekuatan lebih besar dari yang sesuai adalah diizinkan.

^[c] Logam pengisi dengan suatu tingkat kekuatan kurang dari yang sesuai dapat digunakan untuk las tumpul antara badan dan sayap profil built-up yang menyalurkan beban geser, atau pada aplikasi dimana pengekanan tinggi dikawatirkan. Pada aplikasi ini, joint las harus didetail dan las harus didesain dengan menggunakan ketebalan material sebagai throat efektif, $\phi = 0,80$, $\Omega = 1,88$ dan $0,60 F_{EXX}$ sebagai kekuatan nominal.

^[d] Alternatif, ketentuan J2.4(a) diizinkan asalkan kompatibilitas deformasi dari berbagai elemen las diperhitungkan. Alternatif, Pasal J2.4(b) dan (c) adalah aplikasi khusus dari J2.4(a) yang memberi kompatibilitas deformasi.

Alternatif, untuk *las sudut*, kekuatan yang tersedia diizinkan ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

- (a) Untuk kelompok las linear dengan suatu ukuran kaki yang seragam, dibebani melalui titik berat

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (J2-4)$$

dimana

$$F_{nw} = 0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta) \quad (J2-5)$$

dan

F_{EXX} = kekuatan klasifikasi *logam pengisi*, ksi (MPa)

θ = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

Catatan: Kelompok las linear adalah satu dimana semua elemen adalah segaris atau sejajar.

- (b) Untuk elemen las dalam suatu kelompok las yang dianalisis dengan menggunakan pusat metode rotasi pusat seketika, komponen dari *kekuatan nominal*, R_{nx} dan R_{ny} , dan *kapasitas momen nominal*, M_n , boleh ditentukan sebagai berikut:

$$R_{nx} = \sum F_{nwix} A_{wei} \quad (J2-6a)$$

$$R_{ny} = \sum F_{nwiy} A_{wei} \quad (J2-6b)$$

$$M_n = \sum [F_{nwiy} A_{wei} (x_i) - F_{nwix} A_{wei} (y_i)] \quad (J2-7)$$

keterangan

A_{wei} = luas efektif throat las dari setiap elemen las i th, in.² (mm²)

$$F_{nwi} = 0,60F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta_i) f(p_i) \quad (J2-8)$$

$$f(p_i) = [p_i (1,9 - 0,9 p_i)]^{0,3} \quad (J2-9)$$

F_{nwi} = tegangan nominal dalam elemen las i th, ksi (MPa)

$F_{nwi x}$ = komponen-x dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (MPa)

$F_{nwi y}$ = komponen-y dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (MPa)

p_i = Δ_i / Δ_{mi} , rasio deformasi elemen i terhadap deformasi pada tegangan maksimum

r_{cr} = jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las dengan rasio minimum Δ_{ui} / r_i , in. (mm)

r_i = jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las i , in. (mm)

x_i = komponen x dari r_i

y_i = komponen y dari r_i

Δ_i = $r_i \Delta_{ucr} / r_{cr}$ = deformasi elemen las i di level tegangan menengah, secara linear diproporsikan ke deformasi kritis berdasarkan jarak dari pusat rotasi seketika, r_i , in. (mm)

Δ_{mi} = $0,209(\theta_i + 2)^{-0,32} w$, deformasi elemen las i di tegangan maksimum, in. (mm)

Δ_{ucr} = deformasi elemen las dengan rasio minimum Δ_{ui} / r_i pada tegangan ultimit (runtuh), umumnya pada elemen yang terjauh dari pusat rotasi seketika, in. (mm)

Δ_{ui} = $1,087(\theta_i + 6)^{-0,65} w \leq 0,17w$, deformasi elemen las i di tegangan ultimit (runtuh), in. (mm)

θ_i = sudut antara sumbu longitudinal dari elemen i dan arah gaya resultan yang bekerja pada elemen, derajat

- (c) Untuk kelompok *las sudut* konsentris yang dibebani dan terdiri dari elemen dengan ukuran kaki seragam yang berorientasi baik longitudinal dan transversal terhadap arah *beban* yang diterapkan, kekuatan terkombinasi, R_n , dari kelompok las sudut boleh ditentukan lebih besar dari

$$(i) \quad R_n = R_{nwl} + R_{nwt} \quad (J2-10a)$$

atau

$$(ii) \quad R_n = 0,85R_{nwl} + 1,5R_{nwt} \quad (J2-10b)$$

keterangan

R_{nwl} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani longitudinal, seperti ditentukan menurut Tabel J2.5, kips (N)

R_{nwt} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani transversal, seperti ditentukan menurut Tabel J2.5 tanpa alternatif dalam Pasal J2.4(a), kips (N)

5. Kombinasi Las

Jika dua atau lebih dari tipe las umum (tumpul, sudut, sumbat/plug, slot) yang dikombinasikan dalam suatu *joint* tunggal, kekuatan setiap las harus secara terpisah dihitung dengan referensi terhadap sumbu kelompok dalam orde untuk menentukan kekuatan kombinasi tersebut.

6. Persyaratan Logam Pengisi

Pilihan *logam pengisi* untuk penggunaan *las tumpul penetrasi-joint-lengkap* yang menahan gaya tarik tegak lurus daerah efektif harus sesuai persyaratan *logam pengisi* yang sesuai, diberikan dalam AWS D1.1.

Catatan: Catatan yang berikut rangkuman ketentuan Tabel AWS D1.1/D1.1M untuk logam pengisi yang sesuai. Ada pembatasan lain. Pembatasan lainnya ada. Untuk daftar yang lengkap logam dasar dan logam pengisi pra-kualifikasi yang sesuai lihat AWS D1.1/D1.1M, Tabel 3.1.

Logam Dasar	Logam Pengisi yang Sesuai
A36 \leq tebal $\frac{3}{4}$ in.	Logam pengisi 60 & 70 ksi
A36 $>$ $\frac{3}{4}$ in. A572 (Gr. 50 & 55) A588* A913 (Gr. 50) A1011 A992 A1018	SMAW: E7015, E7016, E7018, E7028 Proses lainnya: logam pengisi 70 ksi
A913 (Gr. 60 & 65)	Logam pengisi 80 ksi
* Untuk ketahanan korosi dan warna yang serupa pada logam dasar, lihat AWS D1.1/D1.1M, Pasal 3.7.3 Catatan: Logam pengisi harus memenuhi persyaratan AWS A5.1, A5.5, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23, A5.28 atau A5.29 Dalam joint dengan logam dasar dari kekuatan berbeda, gunakan salah satu logam pengisi yang sesuai dengan kekuatan logam dasar yang lebih tinggi atau logam pengisi yang sesuai dengan kekuatan yang lebih rendah dan menghasilkan suatu deposit hidrogen rendah.	

Logam pengisi dengan *keteguhan takik-Charpy V* (CVN) minimum yang disyaratkan 20 ft-lb (27J) pada 40 °F (4 °C) atau lebih rendah harus digunakan dalam *joint* yang berikut:

- (1) Joint-T dan joint sudut dilas tumpul penetrasi-joint-lengkap dengan kiri pendukung baja di tempat, menahan gaya tarik tegak lurus luas efektif, kecuali joint didesain dengan menggunakan *kekuatan nominal* dan *faktor ketahanan* atau *faktor keamanan* yang berlaku untuk *las tumpul penetrasi joint sebagian*
- (2) *Splice* yang di las tumpul penetrasi-joint-lengkap menahan gaya tarik tegak lurus luas efektif dalam profil besar seperti ditentukan dalam A3.1c dan A3.1d.

Sertifikat kesesuaian dari pabrik harus cukup bukti kesesuaiannya.

7. Logam Las Dicampur

Bila *keteguhan Takik-Charpy V* disyaratkan, proses material habis pakai untuk semua *logam las*, las titik, *root pass* dan *subsequent passes* dideposit pada suatu *joint* harus kompatibel untuk menjamin logam las komposit notch-tough.

J3. BOUT DAN BAGIAN-BAGIAN BERULIR

1. Baut Kekuatan-Tinggi

Penggunaan *baut kekuatan tinggi* harus menurut ketentuan *Spesifikasi untuk Joint Struktur yang Menggunakan Baut Kekuatan-Tinggi*, selanjutnya diacu seperti *Spesifikasi RCSC*, yang disetujui oleh The Research Council on Structural Connection, kecuali

disyaratkan lain dalam Spesifikasi ini. Baut kekuatan-tinggi dalam Spesifikasi ini dikelompokkan sesuai dengan kekuatan material sebagai berikut:

Group A-ASTM A325, A325M, F1852, A354 Kelas BC, dan A449

Group B-ASTM A490, A490M, F2280, dan A354 Kelas BD

Bila dirakit, semua permukaan *joint*, termasuk yang berdekatan dengan ring, harus bebas dari skala, kecuali *mill scale* kencang.

Baut-baut diizinkan dipasang dengan kondisi *snug-tight* bila digunakan pada:

- (a) *sambungan tipe-tumpu* kecuali seperti tertera dalam Pasal E6 atau Pasal J1.10
- (b) aplikasi gaya tarik atau kombinasi geser dan gaya tarik, untuk hanya baut Group A, dimana pengenduran atau *fatik* akibat vibrasi atau fluktuasi *beban* tidak diperhitungkan dalam desain.

Kondisi *snug-tight* yang didefinisikan sebagai kekencangan yang diperlukan untuk memberi lapisan tersambung ke kontak kuat/teguh. Baut yang dikencangkan pada suatu kondisi selain dari *snug tight* harus secara jelas diidentifikasi pada *gambar desain*.

Semua baut kekuatan-tinggi yang disyaratkan pada gambar desain yang digunakan dalam pra-tarik atau joint kritis-slip harus dikencangkan dengan suatu ketegangan baut tidak kurang dari yang diberikan dalam Tabel J3.1 atau J3.1M. Pemasangan harus melalui setiap dari metode yang berikut: *metode turn-of-nut*, suatu indikator-gaya tarik-langsung, *twist-off-type tension-control bolt*, kunci pas dikalibrasi atau baut desain alternatif.

Catatan: Tidak ada persyaratan gaya tarik minimum atau maksimum spesifik untuk baut *snug-tight*. *Baut-baut pra-tarik* penuh seperti ASTM F1852 atau F2280 diizinkan kecuali secara khusus diatur pada gambar desain.

Tabel J3.1 – Pratarik Baut Minimum, kips*

Ukuran Baut, in.	Group A (misal, Baut A325)	Group B (misal, Baut A490)
1/2	12	15
5/8	19	24
3/4	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

* Sama dengan 0,70 dikalikan kekuatan tarik minimum baut, dibulatkan mendekati kip, seperti disyaratkan dalam spesifikasi untuk baut ASTM A325 dan A490 dengan ulir UNC.

Tabel J3.1M – Pratarik Baut Minimum, kN*

Ukuran Baut, mm	Baut A325M	Baut A490M
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

* Sama dengan 0,70 dikalikan kekuatan tarik minimum baut, dibulatkan mendekati kN, seperti disyaratkan dalam spesifikasi untuk baut ASTM A325M dan A490M dengan ulir UNC.

Bila persyaratan baut tidak disediakan di pembatasan *Spesifikasi* RCSC karena persyaratan untuk panjang melebihi 12 diameter atau diameter melebihi 1 ½ in. (38 mm), baut-baut atau batang berulir sesuai dengan material Group A atau Group B yang diizinkan digunakan sesuai dengan ketentuan untuk bagian-bagian yang berulir dalam Tabel J3.2.

Bila baut ASTM A354 Kelas BC, A354 Kelas BD, atau A449 dan batang berulir yang digunakan dalam sambungan kritis-slip, geometri baut termasuk *pitch* ulir, panjang ulir, kepala dan mur harus sama dengan atau (jika lebih besar dalam diameter) proporsional terhadap yang diperlukan oleh *Spesifikasi* RCSC dengan modifikasi seperti diperlukan untuk peningkatan diameter dan/atau panjang untuk memberi pra-tarik desain.

Tabel J3.2 – Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian yang Berulir, ksi (MPa)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, F_{nv} , ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^{[c][d]}
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	0,75 F_u	0,450 F_u
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	0,75 F_u	0,563 F_u

^[a] untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3
^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.
^[c] Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.
^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.

2. Ukuran dan Penggunaan Lubang

Ukuran lubang maksimum untuk baut diberikan dalam Tabel J3.3 atau Tabel J3.3M, kecuali lubang-lubang lebih besar, disyaratkan toleransi pada lokasi batang angkur pada fondasi beton, diperkenankan dalam detail dasar *kolom*.

Lubang-lubang standar atau lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah beban harus disediakan sesuai dengan ketentuan spesifikasi ini, kecuali lubang ukuran-berlebih, lubang slot-pendek yang paralel terhadap beban atau lubang slot-panjang yang disetujui oleh Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana. Ganjal menjari sampai ¼ in. (6 mm) diizinkan dalam sambungan slip-kritis yang dirancang berdasarkan lubang-lubang standar tanpa mereduksi kekuatan geser nominal dari sarana penyambung yang disyaratkan untuk lubang slot.

Tabel J3.3 – Dimensi Lubang Nominal, in.

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
½	9/16	5/8	9/16 x 1 1/16	9/16 x 1 ¼
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
¾	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 ¼	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 ½
≥ 1 1/8	$d + 1/16$	$d + 5/16$	$(d + 1/16) \times (d + 3/8)$	$(d + 1/16) \times (2,5 \times d)$

Tabel J3.3M – Dimensi Lubang Nominal, mm

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27 ^[a]	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	$d + 3$	$d + 8$	$(d + 3) \times (d + 10)$	$(d + 3) \times 2,5d$

^[a] Izin yang diberikan memungkinkan penggunaan baut 1 in. jika diinginkan.

Lubang-lubang ukuran-berlebih diizinkan dalam setiap atau semua lapisan dari sambungan-sambungan kritis-slip, tetapi lubang-lubang ukuran-berlebih tidak boleh digunakan pada *sambungan tipe tumpu*. Ring-ring yang diperkeras harus dipasang di atas lubang-lubang ukuran-berlebih pada suatu lapisan terluar.

Lubang-lubang slot-pendek diizinkan pada setiap atau semua lapisan slip-kritis atau sambungan tipe-tumpu. Slot-slot diizinkan tanpa memperhatikan arah beban dalam sambungan slip-kritis, tetapi panjang tersebut harus tegak lurus terhadap arah beban pada sambungan tipe tumpu. Ring-ring harus dipasang di atas lubang-lubang slot-pendek pada suatu lapisan terluar; bila baut kekuatan tinggi digunakan, maka ring-ring tersebut harus ring-ring yang diperkeras sesuai dengan ASTM F436.

Bila baut Group B di atas 1 in. (25 mm) dalam diameter digunakan pada lubang slot atau lubang ukuran-berlebih pada lapisan eksternal, ring diperkeras tunggal sesuai dengan

ASTM F436, kecuali dengan ketebalan minimum 5/16 in. (8 mm), harus digunakan sebagai pengganti dari ring standar tersebut.

Catatan: Persyaratan ring diberikan dalam *Spesifikasi RCSC*, Pasal 6.

Lubang-lubang slot-panjang diizinkan dalam hanya satu dari bagian-bagian yang disambung dari suatu sambungan kritis-slip atau sambungan tipe-tumpu di suatu permukaan lekatan individual. Lubang-lubang slot-panjang diizinkan tanpa memperhatikan arah beban dalam sambungan-sambungan kritis-slip, tetapi harus tegak lurus pada arah beban dalam sambungan-sambungan tipe-tumpu. Bila lubang-lubang slot-panjang digunakan pada suatu lapisan terluar, ring-ring pelat, atau suatu batang tulangan menerus dengan lubang-lubang standar, yang memiliki suatu ukuran yang cukup secara lengkap menutupi slot tersebut sesudah pemasangan, harus disediakan. Pada sambungan baut kekuatan tinggi, misal ring-ring pelat atau batang-batang tulangan menerus tersebut harus tebalnya tidak kurang dari 5/16 in. (8 mm) dan harus dari material kelas struktur, tetapi tidak perlu diperkeras. Jika ring-ring diperkeras yang diperlukan untuk penggunaan baut kekuatan tinggi, ring-ring yang diperkeras harus ditempatkan di atas permukaan terluar dari ring pelat atau batang tulangan.

3. Spasi Minimum

Jarak antara pusat-pusat standar, ukuran-berlebih, atau lubang-lubang slot tidak boleh kurang dari 2 2/3 kali diameter nominal, d , dari pengencang; suatu jarak $3d$ yang lebih disukai.

Catatan: Batang angkur ASTM F1554 dapat disediakan sesuai dengan spesifikasi produk dengan suatu diameter tubuh kurang dari diameter nominal. Efek beban misal lentur dan perpanjangan harus dihitung berdasarkan diameter minimum diizinkan oleh spesifikasi produk. Lihat ASTM F1554 dan tabel, "Spesifikasi ASTM yang berlaku untuk berbagai Tipe dari Pengencang Struktur," pada Bagian 2 dari AISC *Steel Construction Manual*.

4. Jarak Tepi Minimum

Jarak dari pusat lubang standar ke suatu tepi dari suatu bagian yang disambung pada setiap arah tidak boleh kurang dari nilai yang berlaku dari Tabel J3.4 atau Tabel J3.4M, atau seperti disyaratkan dalam Pasal J3.10. Jarak dari pusat suatu ukuran berlebih atau lubang slot ke suatu tepi dari suatu bagian yang disambung harus tidak kurang dari yang diperlukan untuk suatu lubang standar ke suatu tepi dari bagian yang disambung ditambah penambahan C_2 yang berlaku dari Tabel J3.5 atau J3.5M.

Catatan: Jarak tepi pada Tabel J3.4 dan J3.4M adalah jarak tepi minimum berdasarkan praktik fabrikasi standar dan toleransi hasil suatu pekerjaan. Ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 harus dipenuhi.

Tabel J3.4 – Jarak Tepi Minimum, ^[a] dari Pusat Lubang Standar^[b] ke Tepi dari Bagian yang Disambung, in.

Diameter Baut (in.)	Jarak Tepi Minimum
1/2	3/4
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
Di atas 1 1/4	1 1/4 x d

^[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan sesuai ketentuan Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

^[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5.

Tabel J3.4M – Jarak Tepi Minimum, ^[a] dari Pusat Lubang Standar^[b] ke Tepi dari Bagian yang Disambung

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

^[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

^[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Tabel J3-5 – Nilai dari Penambahan Jarak Tepi C₂ , in.

Diameter Nominal dari Pengencang (in.)	Lubang Ukuran- Berlebih	Lubang-lubang Slot		
		Sumbu Panjang Tegak Lurus Terhadap Tepi		Sumbu Panjang Paralel Terhadap Tepi
		Slot Pendek	Slot Panjang ^[a]	
≤ 7/8	1/16	1/8	3/4d	0
1	1/8	1/8		
≥ 1 1/8	1/8	3/16		

^[a] Bila panjang dari slot adalah kurang dari maksimum yang diizinkan (lihat Tabel J3.3), C₂ diizinkan direduksi sebesar setengah perbedaan antara panjang slot maksimum dan aktual.

Tabel J3-5M – Nilai Penambahan Jarak Tepi C₂ , mm

Diameter Nominal dari Pengencang (mm)	Lubang- Lubang Ukuran- Berlebih	Lubang-lubang Slot		
		Sumbu Panjang Tegak Lurus Terhadap Tepi		Sumbu Panjang Paralel terhadap Tepi
		Slot Pendek	Slot Panjang ^[a]	
≤ 22	2	3	0,75d	0
24	3	3		
≥ 27	3	5		

^[a] Bila panjang slot kurang dari maksimum yang diizinkan (lihat Tabel J3.3M), C₂ diizinkan direduksi sebesar setengah perbedaan antara panjang slot maksimum dan aktual.

5. Spasi Maksimum dan Jarak Tepi

Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung akibat perhitungan, tetapi tidak boleh melebihi 6 in. (150 mm). Spasi longitudinal *pengencang* antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu pelat dan suatu profil atau dua pelat pada kontak menerus harus sebagai berikut:

- Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tidak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 12 in. (305 mm).
- Untuk komponen struktur tidak dicat dari *baja* yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 7 in. (180 mm)

Catatan: Dimensi pada (a) dan (b) tidak berlaku untuk elemen-elemen yang terdiri dari dua profil dalam kontak menerus.

6. Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-bagian Berulir

Kekuatan tarik atau geser desain, ϕR_n , dan kekuatan tarik atau geser yang diizinkan, R_n/Ω , dari suatu baut snug-tightened atau baut kekuatan-tinggi pra-tarik atau bagian berulir harus ditentukan sesuai dengan *keadaan batas* dari *keruntuhan tarik* dan *keruntuhan geser* sebagai berikut:

$$R_n = F_n A_b \quad (\text{J3-1})$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.² (mm²)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

Kekuatan tarik yang diperlukan harus mencakup setiap gaya tarik yang dihasilkan dari aksi *ungkit* yang dihasilkan oleh deformasi dari bagian-bagian yang disambung.

Catatan: Gaya yang dapat dibatasi dengan suatu baut snug-tightened atau baut kekuatan-tinggi pratarik atau bagian yang berulir dapat dibatasi oleh kekuatan *tumpuan* di lubang baut tiap-tiap Pasal J3.10. Kekuatan efektif dari suatu *pengencang* individual dapat diambil sebagai lebih kecil dari kekuatan geser pengencang tiap-tiap Pasal J3.6 atau kekuatan tumpuan di lubang baut tiap-tiap J3.10. Kekuatan dari group baut tersebut yang diambil sebagai jumlah dari kekuatan efektif dari sarana penyambung individual.

7. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe-Tumpuan

Kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan *keadaan batas* dari *keruntuhan geser* sebagai berikut:

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (\text{J3-2})$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{J3-3a})$$

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (\text{DKI}) \quad (\text{J3-3b})$$

F_{nt} = tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

f_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, ksi (MPa)

Tegangan geser yang tersedia dari *sarana penyambung* sama dengan atau melebihi tegangan geser yang diperlukan, f_{rv} .

Catatan: Catatan bahwa bila tegangan yang diperlukan, f , baik geser atau tarik, yang kurang dari atau sama dengan 30 persen dari *tegangan yang tersedia* yang sesuai, efek kombinasi *tegangan* tidak perlu diperiksa. Juga catatan bahwa Persamaan J3-3a dan J3-3b dapat ditulis ulang sehingga memperoleh tegangan geser nominal, F'_{nv} , sebagai fungsi dari tegangan tarik yang diperlukan, f_t .

8. Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah *slip* dan untuk *keadaan batas* dari *sambungan tipe-tumpuan*. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai *pengisi*, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad (\text{J3-4})$$

- (a) Untuk lubang ukuran standar dan lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah dari *beban*

$$\phi = 1,00 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,50 \quad (\text{DKI})$$

- (b) Untuk lubang ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek yang paralel terhadap arah dari beban

$$\phi = 0,85 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,76 \quad (\text{DKI})$$

- (c) Untuk lubang slot-panjang

$$\phi = 0,70 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 2,14 \quad (\text{DKI})$$

keterangan

μ = koefisien slip rata-rata untuk permukaan Kelas A atau B, yang sesuai, dan ditentukan sebagai berikut, atau seperti ditetapkan oleh pengujian:

- (i) Untuk permukaan Kelas A (permukaan baja *mill scale* bersih tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis Kelas A pada baja *blast-cleaned* atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarkan)

$$\mu = 0,30$$

- (ii) Untuk permukaan Kelas B (permukaan baja *blast-cleaned* tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis Kelas B pada baja *blast-cleaned*)

$$\mu = 0,50$$

$D_u = 1,13$; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang disyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

T_b = gaya tarik minimum *sarana penyambung* yang diberikan Tabel J3.1, kips, atau J3.1M, kN

h_f = faktor untuk pengisi, ditentukan sebagai berikut:

- (i) Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi

$$h_f = 1,00$$

- (ii) Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan *beban* pada pengisi:

- (a) Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung

$$h_f = 1,00$$

- (b) Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung

$$h_f = 0,85$$

N_s = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip

9. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Slip-Kritis

Bila suatu *sambungan kritis-slip* menahan gaya tarik yang diterapkan maka reduksi gaya penjepit neto, ketahanan *slip* yang tersedia tiap baut, dari Pasal J3.8, harus dikalikan dengan faktor, k_{sc} , sebagai berikut:

$$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{J3-5a})$$

$$k_{sc} = 1 - \frac{1,5T_a}{D_u T_b n_b} \quad (\text{DKI}) \quad (\text{J3-5b})$$

keterangan

T_a = gaya tarik yang diperlukan menggunakan *kombinasi beban* DKI, kips (kN)

T_u = gaya tarik yang diperlukan menggunakan *kombinasi beban* DFBK, kips (kN)

n_b = jumlah baut yang menahan gaya tarik yang diterapkan

10. Kekuatan Tumpuan pada Lubang-Lubang Baut

Kekuatan tumpuan yang tersedia, ϕR_n dan R_n/Ω , di lubang-lubang baut harus ditentukan untuk keadaan batas dari tumpuan sebagai berikut:

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan tumpuan nominal dari material yang disambung, R_n , ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk baut dalam sambungan dengan standar, ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek, tidak tergantung arah dari beban, atau suatu lubang slot-panjang dengan slot tersebut paralel terhadap arah dari gaya tumpuan:

- (i) Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,2\ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \qquad \text{(J3-6a)}$$

- (ii) Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah bukan suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,5\ell_c t F_u \leq 3,0 d t F_u \qquad \text{(J3-6b)}$$

- (b) Untuk suatu baut dalam suatu sambungan dengan lubang-lubang slot-panjang dengan slot tersebut tegak lurus terhadap arah dari gaya:

$$R_n = 1,0\ell_c t F_u \leq 2,0 d t F_u \qquad \text{(J3-6c)}$$

- (c) Untuk sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang melewati sampai suatu komponen struktur boks atau PSB tak-diperkaku, lihat Pasal J7 dan Persamaan J7-1;

keterangan

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material yang disambung, ksi (MPa)

d = diameter baut nominal, in. (mm)

ℓ_c = jarak bersih, dalam arah dari gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material, in. (mm)

t = ketebalan dari material yang disambung, in. (mm)

Untuk sambungan, ketahanan tumpuan harus diambil sebesar jumlah ketahanan tumpuan dari setiap baut.

Kekuatan tumpuan harus diperiksa untuk kedua tipe-tumpuan dan sambungan kritis-slip. Penggunaan dari lubang-lubang ukuran-berlebih dan lubang-lubang slot-pendek serta slot-panjang paralel terhadap garis gaya yang dilarang pada sambungan kritis-slip setiap Pasal J3.2.

Catatan: Kekuatan efektif pengencang individual yang lebih kecil dari kekuatan geser sarana penyambung per Pasal J3.6 atau kekuatan tumpuan pada lubang baut per Pasal J3.10. Kekuatan dari group baut adalah jumlah dari kekuatan efektif dari pengencang individual.

11. Sarana Penyambung Khusus

Kekuatan nominal dari *sarana penyambung* khusus selain dari baut yang diperlihatkan dalam Tabel J3.2 harus diverifikasi melalui pengujian.

12. Sarana Penyambung Gaya Tarik

Bila baut-baut atau sarana penyambung lainnya dalam tarik disambungkan ke suatu dinding boks tidak diperkaku atau dinding *PSB* tidak diperkaku, kekuatan dinding harus ditentukan melalui analisis rasional.

J4. ELEMEN TERPENGARUH DARI KOMPONEN STRUKTUR DAN ELEMEN PENYAMBUNG

Pasal ini berlaku untuk elemen dari komponen struktur pada *sambungan* dan elemen penyambung, seperti pelat, buhul, siku, dan konsol.

1. Kekuatan Elemen dalam Tarik

Kekuatan desain, ϕR_n , dan *kekuatan yang diizinkan*, R_n/Ω , dari elemen yang dipengaruhi dan elemen yang disambung yang dibebani gaya tarik harus nilai yang terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *pelelehan tarik* dan *keruntuhan tarik*.

- (a) Untuk leleh tarik dari elemen yang disambung

$$R_n = F_y A_g \quad (J4-1)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

- (b) Untuk keruntuhan tarik dari elemen yang disambung

$$R_n = F_u A_e \quad (J4-2)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_e = luas *neto efektif* seperti yang dijelaskan dalam Pasal D3, in.² (mm²); untuk pelat *sambungan* baut, $A_e = A_n \leq 0,85 A_g$

Catatan: Luas *neto efektif* dari sambungan pelat dapat dibatasi akibat distribusi *tegangan* seperti yang dihitung dengan metode misalnya penampang Whitmore.

2. Kekuatan Elemen dalam Geser

Kekuatan geser yang tersedia dari elemen yang dipengaruhi dan elemen yang disambung dalam geser harus nilai yang terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *pelelehan geser* dan *keruntuhan geser*.

- (a) Untuk pelelehan geser dari elemen:

$$R_n = 0,60 F_y A_{gv} \quad (J4-3)$$

$$\phi = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,50 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_{gv} = luas bruto yang menahan geser, in.² (mm²)

- (b) Untuk keruntuhan geser dari elemen:

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} \quad (J4-4)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_{nv} = luas neto yang menahan geser, in.² (mm²)

3. Kekuatan Geser Blok

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan blok geser sepanjang alur kegagalan geser atau alur-alur dan alur kegagalan tarik tegak lurus harus diambil sebesar

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (J4-5)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_{nt} = luas neto yang menahan gaya tarik, in.² (mm²)

Bila tegangan tarik adalah merata, $U_{bs} = 1$; bila tegangan tarik tidak merata, $U_{bs} = 0,5$

Catatan: Kasus tipikal dimana U_{bs} harus diambil sama dengan 0,5 dijelaskan dalam Penjelasan.

4. Kekuatan Elemen dalam Tekan

Kekuatan yang tersedia dari elemen penyambung dalam tekan untuk keadaan batas dari pelelehan dan tekuk harus ditentukan sebagai berikut.

- (a) Bila $KL/r \leq 25$

$$P_n = F_y A_g \quad (J4-6)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

- (b) Bila $KL/r > 25$, ketentuan Bab E diterapkan.

5. Kekuatan Elemen dalam Lentur

Kekuatan lentur yang tersedia dari elemen terpengaruh harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan *keadaan batas* dari *leleh lentur*, *tekuk lokal*, *tekuk torsi-lateral* lentur dan keruntuhan lentur.

J5. Pengisi

1. Pengisi dalam Sambungan Las

Bila perlu menggunakan *pengisi* dalam joint untuk menyalurkan gaya yang diterapkan, pengisi dan las penyambung harus sesuai dengan persyaratan Pasal J5.1a atau Pasal J5.1b, yang sesuai.

1a. Pengisi Tipis

Pengisi yang tebalnya kurang dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) tidak boleh digunakan untuk menyalurkan *tegangan*. Bila ketebalan dari pengisi kurang dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm), atau bila ketebalan dari pengisi adalah $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) atau lebih besar tetapi tidak cukup untuk menyalurkan gaya yang diterapkan antara bagian-bagian yang disambung, pengisi harus rata dengan tepi dari bagian yang disambung terluar, dan ukuran las tersebut harus ditambah diatas ukuran yang diperlukan dengan suatu jumlah sama dengan ketebalan dari pengisi.

1b. Pengisi Tebal

Bila ketebalan dari *pengisi* cukup untuk menyalurkan gaya yang diterapkan antara bagian-bagian yang disambung, pengisi harus diperpanjang diluar tepi-tepi dari logam dasar yang disambung terluar. Las-las yang menghubungkan logam dasar yang disambung terluar tersebut ke pengisi harus cukup untuk menyalurkan gaya ke pengisi dan luas tersebut yang menahan pada pengisi tersebut harus cukup untuk menghindari tegangan yang berlebih pada pengisi. Las-las yang menghubungkan pengisi tersebut ke logam dasar yang disambung bagian dalam harus cukup untuk menyalurkan gaya yang diterapkan.

2. Pengisi dalam Sambungan Baut

Bila suatu baut menahan beban melalui pengisi dengan tebal sama dengan atau kurang dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm), kekuatan geser harus digunakan tanpa reduksi. Bila suatu baut menahan beban melalui pengisi dengan tebal lebih besar dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm), satu dari persyaratan yang berikut harus diterapkan:

- (a) Kekuatan geser baut harus dikalikan dengan faktor

$$[1 - 0,4(t - 0,25)]$$

$$[S.I.: [1 - 0,0154(t - 6)]]$$

tetapi tidak kurang dari 0,85, dimana t adalah ketebalan total dari pengisi;

- (b) Pengisi harus diperpanjang diluar *joint* dan perpanjangan pengisi harus dijamin dengan baut yang cukup untuk mendistribusikan secara merata gaya total dalam elemen yang disambung disepanjang penampang melintang kombinasi dari elemen yang disambung tersebut dan pengisi;
- (c) Ukuran joint harus ditingkatkan untuk mengakomodasi jumlah baut yang ekuivalen dengan jumlah total yang diperlukan dalam (b) di atas; atau

- (d) Joint harus didesain untuk mencegah *slip* sesuai dengan Pasal J3.8 dengan menggunakan permukaan Kelas B atau permukaan Kelas A dengan *turn-of-nut tightening*.

J6. Splice

Splice las tumpul pada *gelagar pelat* dan *balok* harus mengembangkan *kekuatan nominal* dari penampang terkecil yang disambung. Tipe sambungan lainnya pada penampang gelagar pelat dan balok pelat harus mengembangkan kekuatan yang diperlukan melalui gaya-gaya pada titik splice/sambungan.

J7. Kekuatan Tumpuan

Kekuatan tumpuan desain, ϕR_n , dan *kekuatan tumpuan yang diizinkan*, R_n/Ω , dari kontak permukaan harus ditentukan untuk *keadaan batas* dari *tumpuan* (*pelelehan tekan lokal*) sebagai berikut:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \qquad \Omega = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

Kekuatan tumpuan nominal, R_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk *permukaan jadi*, sendi-sendi yang diperlebar, dibor, atau lubang dibor, dan ujung-ujung dari *pengaku-pengaku tumpuan* dipaskan:

$$R_n = 1,8 F_y A_{pb} \quad (\text{J7-1})$$

keterangan

A_{pb} = luas penumpu terproyeksi, in.² (mm²)

F_y = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan*, ksi (MPa)

- (b) Untuk *expansion rollers* dan *rockers*:

- (i) Bila $d \leq 25$ in. (635 mm)

$$R_n = 1,2(F_y - 13)\ell_b d/20 \quad (\text{J7-2})$$

$$[\text{S.I.: } R_n = 1,2(F_y - 90)\ell_b d/20] \quad (\text{J7-2M})$$

- (ii) Bila $d > 25$ in. (635 mm)

$$R_n = 6,0(F_y - 13)\ell_b \sqrt{d}/20 \quad (\text{J7-3})$$

$$[\text{S.I.: } R_n = 30,2(F_y - 90)\ell_b \sqrt{d}/20] \quad (\text{J7-3M})$$

keterangan

d = diameter, in. (mm)

ℓ_b = panjang tumpuan, in. (mm)

J8. DASAR KOLOM DAN PENUMPU BETON

Ketentuan yang sebenarnya harus dibuat untuk menyalurkan *beban kolom* dan momen-momen ke fondasi telapak dan fondasi.

Dalam ketiadaan regulasi peraturan, *kekuatan tumpuan desain*, $\phi_c P_p$, dan *kekuatan tumpuan yang diizinkan*, P_p / Ω_c , untuk *keadaan batas* dari kehancuran beton yang diizinkan diambil sebagai berikut:

$$\phi_c = 0,65 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_c = 2,3 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan tumpuan nominal, P_p , ditentukan sebagai berikut:

- (a) Pada luas total dari suatu penumpu beton:

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 \qquad (J8-1)$$

- (b) Bila kecil dari luas total dari suatu penumpu beton:

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 \sqrt{A_2 / A_1} \leq 1,7 f'_c A_1 \qquad (J8-2)$$

keterangan

A_1 = luas dari tumpuan baja konsentris pada suatu penumpu beton, in.² (mm²)

A_2 = luas maksimum dari bagian permukaan yang menumpu secara geometris serupa dengan dan konsentris dengan luas yang dibebani, in.² (mm²)

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (MPa)

J9. BATANG ANGKUR DAN PENANAMAN

Batang angkur harus didesain untuk memberi ketahanan yang diperlukan terhadap beban pada struktur utuh di dasar *kolom* termasuk komponen tarik neto dari setiap momen lentur yang dapat dihasilkan dari kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal B2. Batang angkur harus didesain sesuai dengan persyaratan untuk bagian yang berulir dalam Tabel J3.2.

Desain dari dasar kolom dan batang angkur untuk penyaluran gaya-gaya ke fondasi beton termasuk *tumpuan* yang melawan elemen beton harus memenuhi persyaratan ACI 318 atau ACI 349.

Catatan: Bila kolom-kolom diperlukan untuk menahan suatu gaya horizontal di pelat dasar, tumpuan yang menahan elemen beton harus diperhitungkan.

Bila batang angkur digunakan untuk menahan gaya-gaya horizontal, ukuran lubang, toleransi pengaturan batang angkur, dan pergerakan horizontal dari kolom harus diperhitungkan dalam desain.

Lubang-lubang ukuran-berlebih yang lebih besar dan lubang slot diizinkan pada pelat dasar bila tumpuan yang cukup disediakan untuk mur dengan menggunakan ring atau ring pelat ASTM F844 untuk jembatan lubang.

Catatan: Ukuran-ukuran lubang yang diizinkan tersebut, sesuai dengan dimensi ring dan mur diperlihatkan dalam the AISC *Steel Construction Manual* dan ASTM F554.

Catatan: Lihat ACI 318 untuk desain penanaman dan untuk desain friksi geser. Lihat OSHA untuk persyaratan ereksi khusus untuk batang angkur.

J10.SAYAP DAN BADAN DENGAN GAYA TERPUSAT

Pasal ini berlaku untuk *gaya terpusat tunggal* dan *ganda* yang diterapkan tegak lurus terhadap sayap (sayap-sayap) dari penampang sayap lebar dan *profil tersusun* yang serupa. Suatu gaya terpusat tunggal yang dapat tarik atau tekan. Gaya terpusat-ganda yang satu tarik dan satu tekan dan membentuk suatu kopel pada sisi yang sama dari komponen struktur yang dibebani.

Bila *kekuatan yang disyaratkan* melebihi *kekuatan yang tersedia* seperti ditentukan untuk *keadaan batas* yang tertera pada pasal ini, *pengaku* dan/atau *pengganda* harus disediakan dan harus memiliki ukuran untuk perbedaan tersebut antara kekuatan yang diperlukan dan kekuatan yang tersedia untuk *keadaan batas* yang bisa diterima. Pengaku-pengaku juga harus memenuhi persyaratan desain dalam Pasal J10.8. Pengganda juga harus memenuhi persyaratan desain dalam Pasal J10.9.

Catatan: Lihat Lampiran 6.3 untuk persyaratan untuk ujung-ujung dari komponen struktur kantilever.

Pengaku-pengaku yang diperlukan pada *ujung-ujung tanpa-berangka* dari *balok-balok* sesuai persyaratan Pasal J10.7.

1. Lentur Lokal Sayap

Pasal ini berlaku untuk *gaya-gaya terpusat tunggal* tarik dan komponen tarik *gaya-gaya terpusat ganda*.

Kekuatan desain, ϕR_n , dan *kekuatan yang diizinkan*, R_n / Ω , untuk *keadaan batas* dari *lentur lokal* sayap harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 6,25 F_{yf} t_f^2 \quad (\text{J10-1})$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

keterangan

F_{yf} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari sayap, ksi (MPa)

t_f = *ketebalan dari sayap yang dibebani*, in. (mm)

Jika panjang dari pembebanan melalui sayap komponen struktur kurang dari $0,15b_f$, dimana b_f adalah lebar sayap komponen struktur, Persamaan J10-1 tidak perlu diperiksa.

Bila gaya terpusat yang ditahan digunakan di suatu jarak dari ujung komponen struktur kurang dari $10t_f$, R_n harus direduksi sebesar 50 persen.

Bila diperlukan, sepasang *pengaku transversal* harus disediakan.

2. Pelelehan Lokal Badan

Pasal ini berlaku untuk *gaya-gaya terpusat-tunggal* dan kedua komponen dari *gaya-gaya terpusat-ganda*.

Kekuatan yang tersedia untuk *keadaan batas* dari *pelelehan lokal* badan harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,50 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan nominal, R_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Bila gaya terpusat yang ditahan digunakan di suatu jarak dari ujung komponen struktur lebih besar dari tinggi komponen struktur d' ,

$$R_n = F_{yw} t_w (5k + \ell_b) \quad (\text{J10-2})$$

- (b) Bila gaya terpusat yang ditahan digunakan di suatu jarak dari ujung komponen struktur kurang dari atau sama dengan tinggi komponen struktur d' ,

$$R_n = F_{yw} t_w (2,5k + \ell_b) \quad (\text{J10-3})$$

keterangan

F_{yw} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material badan, ksi (MPa)

k = jarak dari muka terluar dari sayap ke kaki badan dari sudut, in. (mm)

ℓ_b = panjang tumpuan (tidak kurang dari k untuk reaksi *balok* ujung), in. (mm)

t_w = ketebalan badan, in. (mm)

Bila diperlukan, sepasang *pengaku transversal* atau pelat *pengganda* harus disediakan.

3. Pelipatan pada Badan

Pasal ini digunakan untuk *gaya-gaya terpusat-tunggal* tekan atau komponen tekan dari *gaya-gaya terpusat-ganda*.

Kekuatan yang tersedia untuk *keadaan batas* dari *lipat lokal* badan harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan nominal, R_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Bila gaya tekan terpusat yang ditahan diterapkan pada suatu jarak dari ujung komponen struktur lebih besar dari atau sama dengan $d/2$:

$$R_n = 0,80 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{\ell_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-4})$$

- (b) Bila gaya tekan terpusat yang ditahan digunakan di suatu jarak dari ujung komponen struktur kurang dari $d/2$:

- (i) Untuk $\ell_b/d \leq 0,2$

$$R_n = 0,40 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{\ell_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-5a})$$

- (ii) Untuk $\ell_b/d > 0,2$

$$R_n = 0,40 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4\ell_b}{d} - 0,2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-5b})$$

keterangan

d = tinggi nominal total dari penampang, in. (mm)

Bila diperlukan, suatu *pengaku transversal*, atau sepasang dari pengaku transversal, atau suatu pelat *pengganda* yang diperpanjang sedikitnya setengah tinggi dari badan harus disediakan.

4. Tekuk pada Badan akibat Goyangan

Pasal ini digunakan hanya untuk *gaya-gaya terpusat-tunggal* tekan yang diterapkan untuk komponen struktur di mana gerakan lateral relatif antara sayap tekan yang dibebani dan sayap tarik tidak dikekang pada titik aplikasi gaya terpusat.

Kekuatan tersedia dari badan untuk *keadaan batas tekuk* pada badan akibat goyangan harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 0,85 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,76 \quad (\text{DKI})$$

Kekuatan nominal, R_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Jika sayap tekan yang dikekang melawan rotasi:

- (i) Bila $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 2,3$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[1 + 0,4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right] \quad (\text{J10-6})$$

- (ii) Bila $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 2,3$, keadaan batas dari tekuk *sidesway* badan tidak boleh diterapkan.

Bila kekuatan yang diperlukan dari badan melebihi kekuatan yang tersedia, *breising lateral* lokal harus disediakan di sayap tarik atau sepasang dari *pengaku transversal* atau suatu pelat *pengganda* harus disediakan.

- (b) Jika sayap tekan tidak ditahan melawan rotasi:

- (i) Bila $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 1,7$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0,4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^3 \right] \quad (\text{J10-7})$$

- (ii) Bila $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 1,7$, keadaan batas dari tekuk *sidesway* badan tidak boleh diterapkan.

Bila kekuatan yang diperlukan dari badan melebihi kekuatan yang tersedia, *breising lateral* lokal harus disediakan pada kedua sayap di titik aplikasi gaya terpusat.

Pada Persamaan J10-6 dan J10-7, digunakan definisi yang berikut:

C_r = 960 000 ksi ($6,62 \times 10^6$ MPa) bila $M_u < M_y$ (DFBK) atau $1,5M_a < M_y$ (DKI) pada lokasi dari gaya

= 480 000 ksi ($3,31 \times 10^6$ MPa) bila $M_u \geq M_y$ (DFBK) atau $1,5M_a \geq M_y$ (DKI) pada lokasi dari gaya

L_b = panjang tanpa *terbreis* secara lateral terbesar sepanjang sayap di titik dari beban, in. (mm)

M_a = kekuatan lentur yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)

M_u = kekuatan lentur yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)

b_f = lebar sayap, in. (mm)

h = jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut untuk profil; jarak antara garis yang berdekatan dari *pengencang* atau jarak bersih antara sayap-sayap bila las digunakan untuk *profil-profil tersusun*, in. (mm)

Catatan: Untuk penentuan pengekang yang sesuai, mengacu pada Lampiran 6.

5. Tekuk Tekan Badan

Pasal ini digunakan untuk sepasang *gaya-terpusat-tunggal* tekan atau komponen tekan dalam sepasang *gaya terpusat-ganda*, digunakan di kedua sayap komponen struktur di lokasi yang sama.

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas dari tekuk lokal badan harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = \frac{24t_w^3 \sqrt{EF_{yw}}}{h} \quad (\text{J10-8})$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Bila pasangan dari *gaya-gaya* tekan terpusat yang ditahan digunakan pada jarak dari ujung komponen struktur yang kurang dari $d/2$, R_n harus direduksi 50 %.

Bila diperlukan, suatu *pengaku transversal*, sepasang pengaku transversal, atau pelat *pengganda* yang diperpanjang setinggi badan penuh harus disediakan.

6. Geser Zona Panel Badan

Pasal ini berlaku untuk *gaya-gaya terpusat-ganda* yang diterapkan untuk ke satu atau ke dua sayap komponen struktur di lokasi yang sama.

Kekuatan yang tersedia dari zona panel badan untuk keadaan batas dari leleh geser harus ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Kekuatan nominal, R_n , harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Bila efek dari deformasi zona-panel pada *stabilitas* portal tidak diperhitungkan dalam analisis:

- (i) Untuk $P_r \leq 0,4P_c$

$$R_n = 0,6F_y d_c t_w \quad (\text{J10-9})$$

- (ii) Untuk $P_r > 0,4P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left(1,4 - \frac{P_r}{P_c} \right) \quad (\text{J10-11})$$

- (b) Bila stabilitas portal, termasuk deformasi zona-panel plastis, diperhitungkan dalam analisis:

- (i) Untuk $P_r \leq 0,75P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad (\text{J10-11})$$

- (ii) Untuk $P_r > 0,75P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left(1,9 - \frac{1,2P_r}{P_c} \right) \quad (\text{J10-12})$$

Pada Persamaan J10-9 sampai J10-12, gunakan definisi yang berikut:

A_g = luas penampang bruto komponen struktur, in.² (mm²)

b_{cf} = lebar sayap *kolom*, in. (mm)

d_b = tinggi *balok*, in. (mm)

d_c = tinggi *kolom*, in. (mm)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari badan kolom, ksi (MPa)

$P_c = P_y$, kips (N) (DFBK)

$P_c = 0,60 P_y$, kips (N) (DKI)

P_r = kekuatan aksial yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)

$P_y = F_y A_g$, kekuatan leleh aksial dari kolom, kips (N)

t_{cf} = ketebalan sayap kolom, in. (mm)

t_w = ketebalan badan kolom, in. (mm)

Bila diperlukan, pelat (pelat-pelat) *pengganda* atau sepasang *pengaku diagonal* harus disediakan dalam batas sambungan kaku badan yang terletak pada bidang yang sama.

Lihat Pasal J10.9 untuk persyaratan desain pelat pengganda.

7. Ujung Tanpa Berangka dari Balok dan Gelagar

Pada *ujung tanpa berangka* dari *balok* dan *gelagar* dinyatakan tidak dikekang terhadap rotasi di sumbu longitudinalnya, harus tersedia sepasang *pengaku transversal*, perluasan kedalaman penuh dari badan.

8. Persyaratan Pengaku Tambahan untuk Gaya-Gaya Terpusat

Pengaku-pengaku yang diperlukan untuk menahan gaya-gaya tarik terpusat harus dirancang sesuai dengan persyaratan Pasal J4.1 dan dilas ke sayap dan badan yang dibebani. Las-las pada sayap harus diukur untuk membedakan antara *kekuatan perlu* dan *kekuatan tersedia*. Pengaku untuk las-las badan harus diukur untuk menyalurkan ke badan perbedaan aljabar pada gaya tarik di ujung-ujung pengaku.

Pengaku-pengaku yang diperlukan untuk menahan gaya-gaya tekan terpusat harus dirancang sesuai dengan persyaratan Pasal J4.4 dan akan menumpu pada atau di las ke sayap yang dibebani dan di las ke badan. Las-las pada sayap harus diukur untuk perbedaan antara kekuatan yang diperlukan dan kekuatan *keadaan batas* yang berlaku. Las badan harus diukur untuk menyalurkan ke badan perbedaan aljabar dalam gaya tekan di ujung-ujung dari pengaku. Untuk *pengaku-pengaku tumpuan yang dipaskan*, lihat Pasal J7.

Pengaku-pengaku tumpuan kedalaman penuh transversal untuk gaya-gaya tekan yang digunakan untuk suatu *balok* atau sayap (sayap-sayap) *gelagar pelat* harus dirancang sebagai komponen-komponen struktur (*kolom-kolom*) tertekan secara aksial sesuai dengan persyaratan Pasal E6.2 dan Pasal J4.4. Properti komponen struktur harus ditentukan menggunakan suatu *panjang efektif* dari $0,75h$ dan suatu penampang yang terdiri dari dua pengaku, dan suatu strip badan yang memiliki suatu lebar dari $25t_w$ di pengaku interior dan $12t_w$ di ujung-ujung komponen struktur. Las yang menyambungkan pengaku-pengaku tumpuan kedalaman penuh ke badan harus diukur untuk menyalurkan perbedaan dalam gaya tekan di setiap pengaku ke badan.

Pengaku-pengaku transversal dan *diagonal* harus memenuhi persamaan tambahan yang berikut:

- (1) Lebar setiap pengaku ditambah setengah ketebalan badan kolom tidak boleh kurang dari sepertiga lebar sayap atau lebar pelat sambungan momen yang menyalurkan gaya terpusat.

- (2) Ketebalan pengaku tidak boleh kurang dari setengah ketebalan sayap atau pelat sambungan momen yang menyalurkan *beban* terpusat, atau kurang dari lebar dibagi dengan 16.
- (3) Pengaku transversal harus diperluas minimum setengah kedalaman komponen struktur kecuali seperti disyaratkan Pasal J10.5 dan Pasal J10.7.

9. Persyaratan Pelat Pengganda Tambahan untuk Gaya-Gaya Terpusat

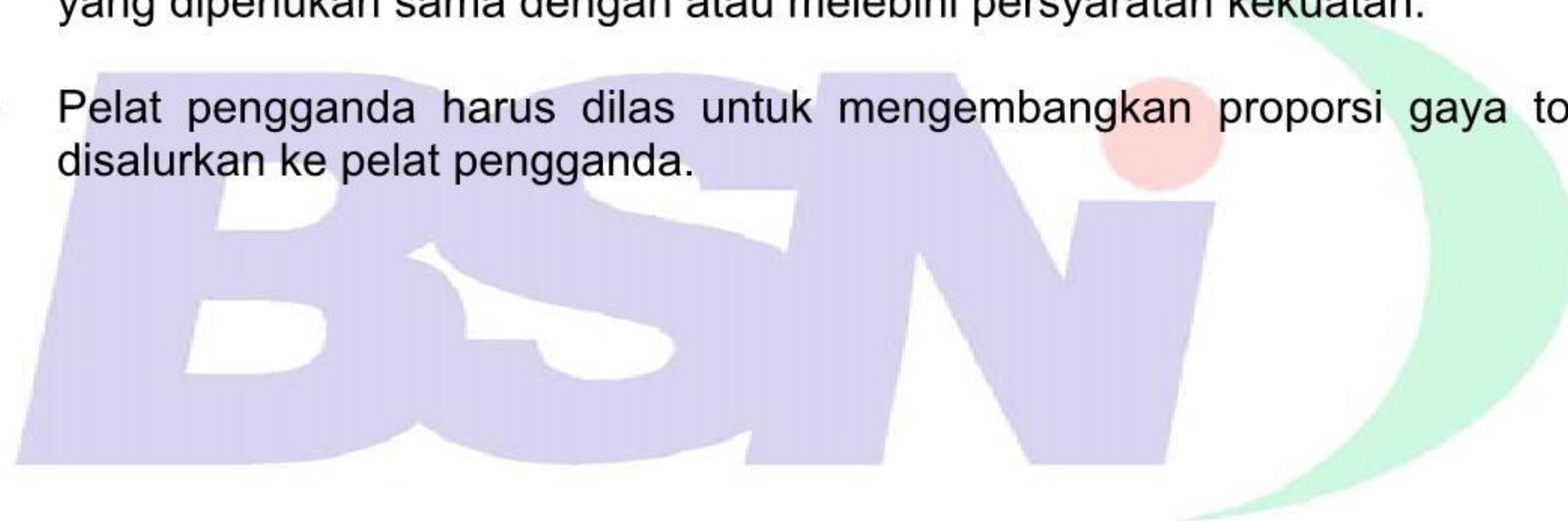
Pelat-pelat *pengganda* yang diperlukan untuk kekuatan tekan harus dirancang sesuai dengan persyaratan Bab E.

Pelat-pelat pengganda yang disyaratkan untuk *kekuatan tarik* harus dirancang sesuai dengan persyaratan Bab D.

Pelat-pelat pengganda yang diperlukan untuk kekuatan geser (lihat Pasal J10.6) harus dirancang sesuai dengan ketentuan Bab G.

Pelat-pelat pengganda harus memenuhi persyaratan tambahan yang berikut:

- (1) Ketebalan dan perluasan pelat pengganda harus menyediakan material tambahan yang diperlukan sama dengan atau melebihi persyaratan kekuatan.
- (2) Pelat pengganda harus dilas untuk mengembangkan proporsi gaya total yang disalurkan ke pelat pengganda.



BAB K DESAIN SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR PSB DAN BOKS

Bab ini membahas sambungan pada komponen struktur *PSB* dan penampang boks dengan ketebalan dinding merata.

Catatan: Kekuatan sambungan sering ditentukan oleh ukuran komponen struktur *PSB*, khususnya ketebalan dinding dari rangka batang kord, dan ini harus dipertimbangkan dalam perancangan awal.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- K1. Gaya-Gaya Terpusat pada *PSB*
- K2. Sambungan Rangka Batang *PSB*-ke-*PSB*
- K3. Sambungan Momen *PSB*-ke-*PSB*
- K4. Las-Las Pelat dan Cabang-Cabang pada *PSB* Persegi

Catatan: Lihat juga Bab J untuk persyaratan tambahan untuk pembautan ke *PSB*. Lihat Pasal J3.10(c) untuk *through-bolts*.

Catatan: Parameter sambungan harus dalam batas-batas yang bisa diterapkan. *Keadaan batas* hanya perlu diperiksa bila geometri sambungan atau pembebanan berada dalam parameter-parameter yang diberikan pada deskripsi keadaan batas.

K1. GAYA-GAYA TERPUSAT PADA PSB

Kekuatan desain, ϕR_n , dan kekuatan yang diizinkan, R_n / Ω , dari sambungan harus ditentukan sesuai ketentuan bab ini dan ketentuan Pasal B3.6.

1. Definisi Parameter

- A_g = luas penampang bruto komponen struktur, in.² (mm²)
- B = lebar keseluruhan komponen struktur *PSB* persegi, diukur 90° terhadap bidang dari sambungan, in. (mm)
- B_p = lebar pelat, diukur 90° terhadap bidang dari sambungan, in. (mm)
- D = diameter luar dari *PSB* bulat, in. (mm)
- F_c = *tegangan tersedia*, ksi (MPa)
= F_y untuk DFBK; $0,6F_y$ untuk DKI
- F_y = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material komponen struktur *PSB*, ksi (MPa)
- F_{yp} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material pelat, ksi (MPa)
- F_u = *kekuatan tarik minimum yang disyaratkan* dari material komponen struktur *PSB*, ksi (MPa)
- H = tinggi keseluruhan dari komponen struktur *PSB* persegi, diukur dalam bidang sambungan, in. (mm)
- S = modulus penampang elastis dari komponen struktur, in.³ (mm³)
- ℓ_b = panjang tumpuan dari *beban*, diukur paralel terhadap sumbu dari komponen struktur *PSB* (atau diukur melintang terhadap lebar dari *PSB* pada kasus pelat-pelat penutup yang dibebani), in. (mm)
- t = *ketebalan dinding desain* dari komponen struktur *PSB*, in. (mm)

t_p = ketebalan pelat, in. (mm)

2. PSB Bundar

Kekuatan tersedia dari sambungan dengan beban terpusat dan dalam batasan Tabel K1.1A harus diambil seperti yang diperlihatkan dalam Tabel K1.1.

3. PSB Persegi

Kekuatan tersedia dari sambungan dengan *beban* terpusat dan dalam batasan Tabel K1.2A harus diambil sebagai nilai terkecil dari *keadaan batas* yang berlaku yang diperlihatkan dalam Tabel K1.2.

K2. SAMBUNGAN RANGKA BATANG PSB-KE-PSB

Kekuatan desain, ϕP_n , dan *kekuatan yang diizinkan*, P_n/Ω , dari *sambungan* harus ditentukan menurut ketentuan bab ini dan ketentuan Pasal B3.6.

Sambungan rangka batang PSB-ke-PSB didefinisikan sebagai sambungan yang terdiri dari satu atau lebih *komponen struktur cabang* yang di las secara langsung ke suatu kord menerus melewati sampai sambungan dan harus diklasifikasikan sebagai berikut:

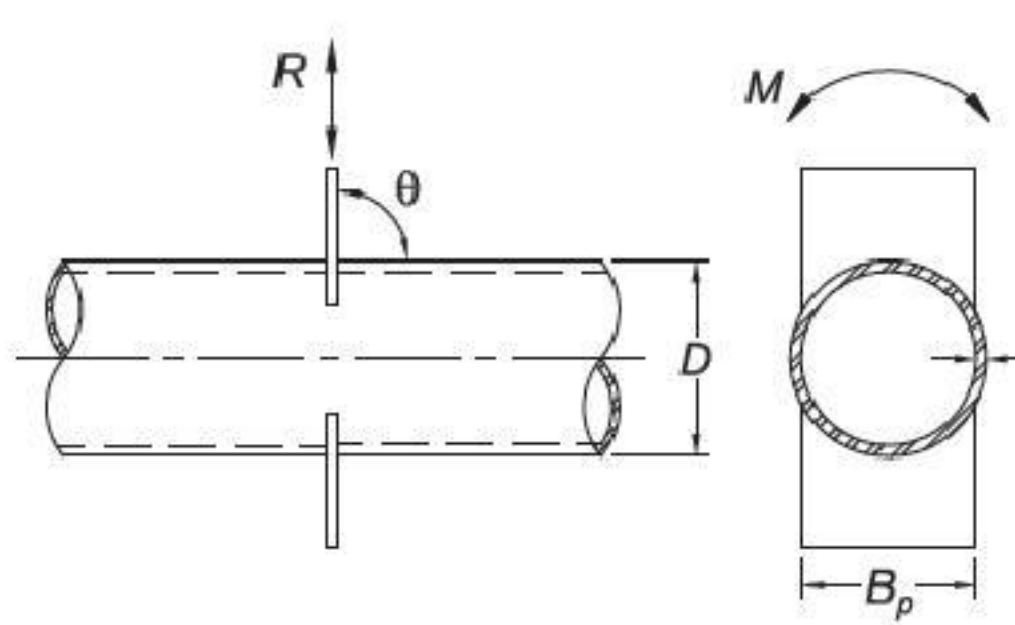
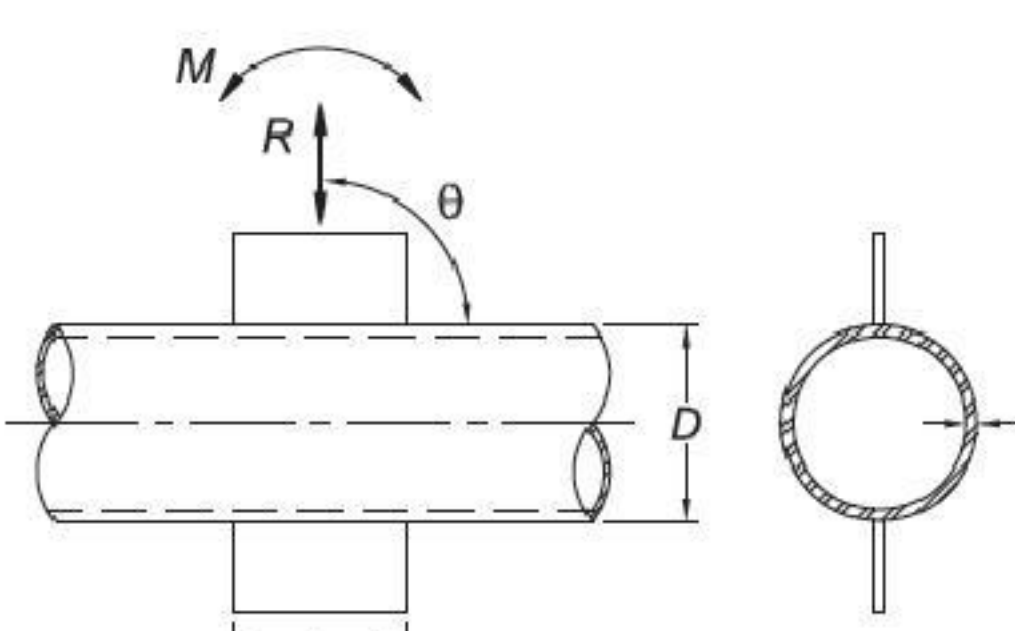
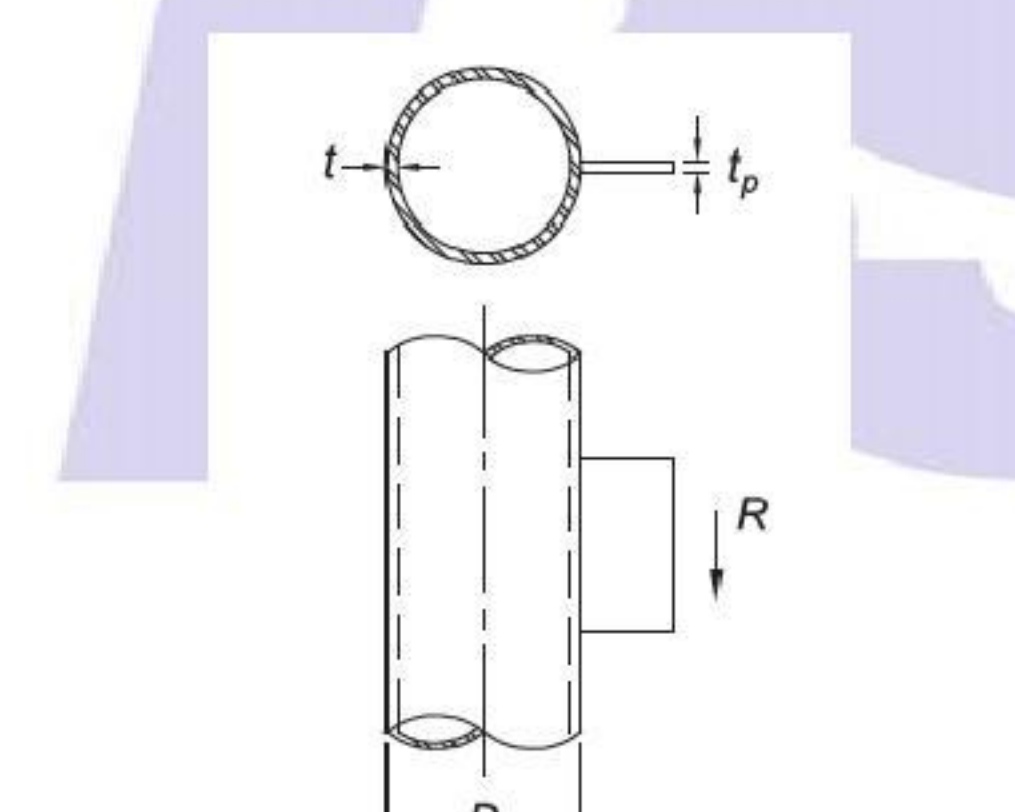
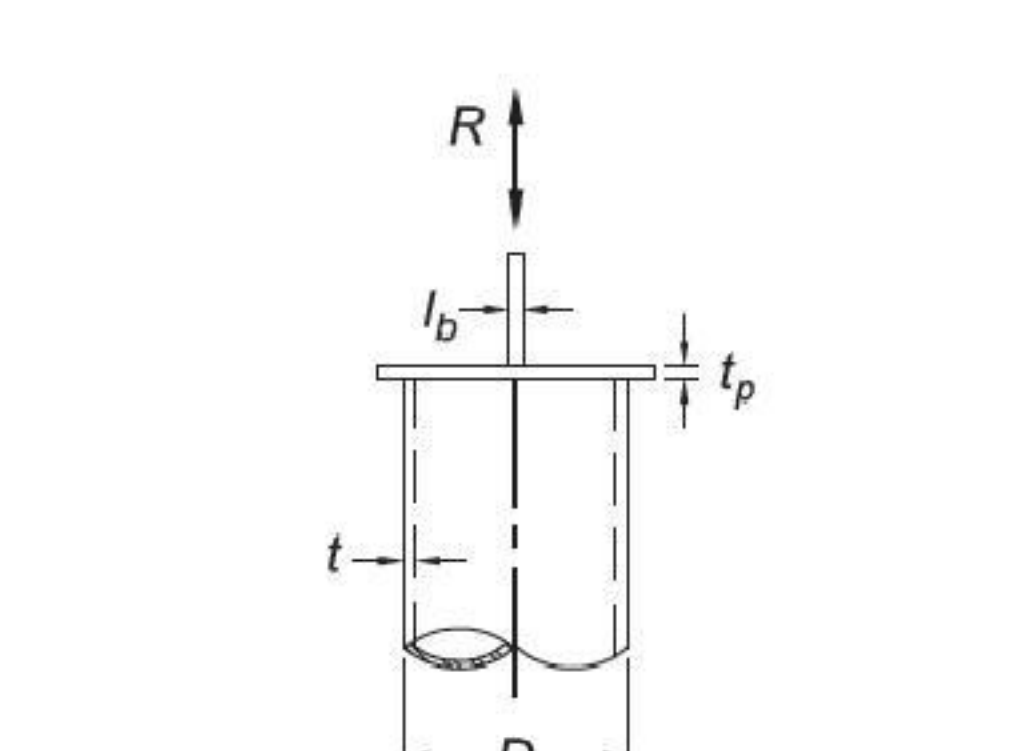
- (a) Bila *beban pons*, $P_r \sin \theta$, pada suatu komponen struktur cabang yang diseimbangkan oleh geser *balok* pada *komponen struktur kord*, sambungan tersebut harus diklasifikasikan sebagai *sambungan-T* bila cabang tersebut tegak lurus terhadap kord, dan diklasifikasikan sebagai *sambungan-Y* kalau tidak demikian.
- (b) Bila *beban pons*, $P_r \sin \theta$, pada suatu komponen struktur cabang yang utama diseimbangkan (dalam 20 %) oleh *beban-beban* pada komponen struktur cabang lainnya pada sisi yang sama dari sambungan, sambungan tersebut harus diklasifikasikan sebagai suatu *sambungan-K*. Celah yang relevan adalah antara komponen-komponen struktur cabang utama dimana beban-beban saling seimbang. Suatu sambungan-N dapat diperhitungkan sebagai suatu tipe sambungan-K.

Catatan: Sebuah sambungan-K dengan satu cabang tegak lurus terhadap kord sering disebut sebuah sambungan-N.

- (c) Bila *beban pons*, $P_r \sin \theta$, disalurkan melalui komponen struktur *kord* dan diseimbangkan melalui komponen struktur cabang di sisi berlawanan, sambungan tersebut harus diklasifikasikan sebagai suatu *sambungan-silang*.
- (d) Bila suatu sambungan memiliki lebih dari dua komponen struktur cabang utama, atau komponen struktur cabang dalam lebih dari satu bidang, sambungan tersebut harus diklasifikasikan sebagai suatu sambungan umum atau sambungan banyak bidang.

Bila komponen struktur cabang menyalurkan sebagian dari bebannya sebagai sambungan-K dan sebagian bebannya sebagai sambungan-T, sambungan-Y atau sambungan-silang, kecukupan sambungan-sambungan harus ditentukan melalui interpolasi proporsi dari *kekuatan tersedia* dari kekuatan total masing-masing.

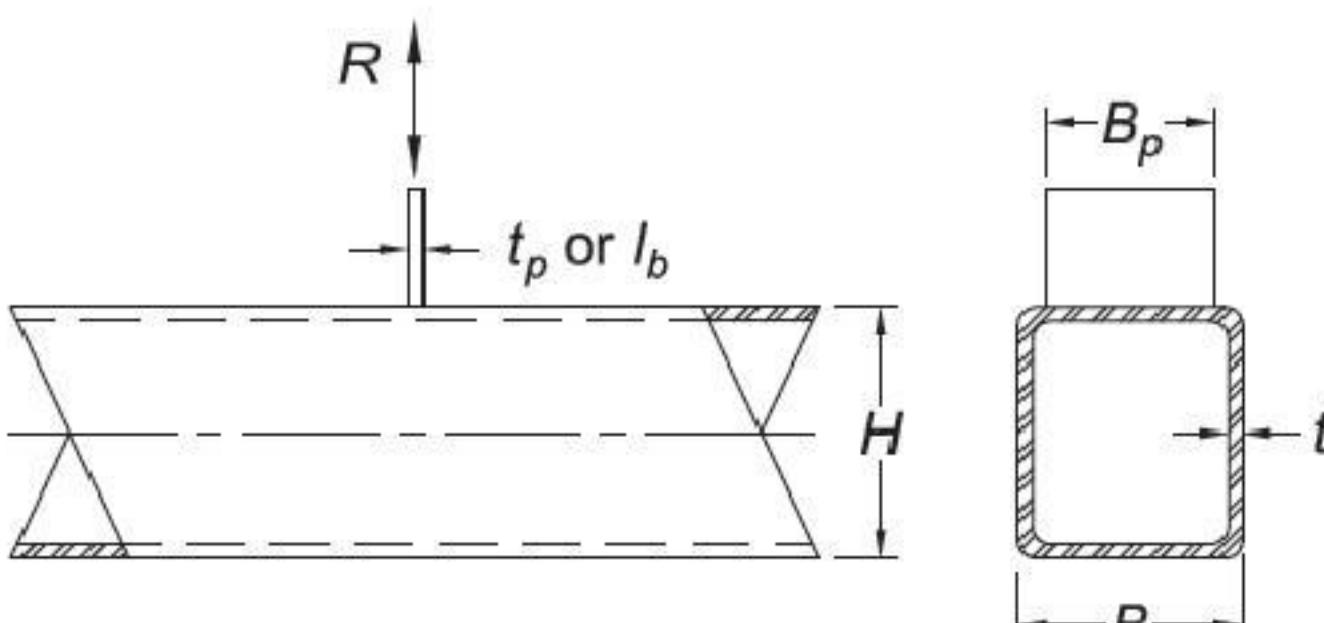
TABEL K1.1 – Kekuatan Tersedia dari Sambungan PSB Bulat-ke-Pelat

Tipe Sambungan	Kekuatan Tersedia dari Sambungan	Lentur Pelat	
		Dalam Bidang	Keluar Bidang
<p>Sambungan-T Pelat Transversal dan Sambungan-Silang</p> 	<p>Keadaan batas: Leleh Lokal PSB Beban Aksial Pelat</p> $R_n \sin \theta = F_y t^2 \left(\frac{5,5}{1 - 0,81 \frac{B_p}{D}} \right) Q_t$ <p>(K1-1)</p> $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$	-	$M_n = 0,5 B_p R_n$
<p>Sambungan-T Pelat Longitudinal, -Y dan -Silang</p> 	<p>Keadaan Batas: Beban Aksial Pelat Plastifikasi PSB</p> $R_n \sin \theta = 5,5 F_y t^2 \left(1 + 0,25 \frac{I_b}{D} \right) Q_t$ <p>(K1-2)</p> $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$	$M_n = 0,8 I_b R_n$	-
<p>Sambungan-T Pelat Longitudinal</p> 	<p>Keadaan Batas: Keadaan Batas Pelat dan Beban Geser Pelat Geser Pons PSB</p> <p>Untuk R_n, lihat Bab J. Tambahan, hubungan yang berikut harus dipenuhi:</p> $t_p \leq \frac{F_u}{F_{yp}} t$ <p>(K1-3)</p>	-	-
<p>Sambungan Pelat Kepala</p> 	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal dari Beban Aksial PSB</p> $R_n = 2 F_y t (5 t_p + I_b) \leq F_y A$ <p>(K1-4)</p> $\phi = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,50 \text{ (DKI)}$	-	-
FUNGSI			
$Q_f = 1$ untuk PSB (permukaan yang disambung) dalam tarik $= 1,0 - 0,3 U (1 + U)$ untuk PSB (permukaan yang disambung) dalam tekan		(K1-5)	
$U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $		(K1-6)	
dimana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi dari joint yang memiliki tegangan tekan yang lebih rendah. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan pada PSB. $P_{ro} = P_u$ untuk DFBK; P_a untuk DKI. $M_{ro} = M_u$ untuk DFBK; M_a untuk DKI.			

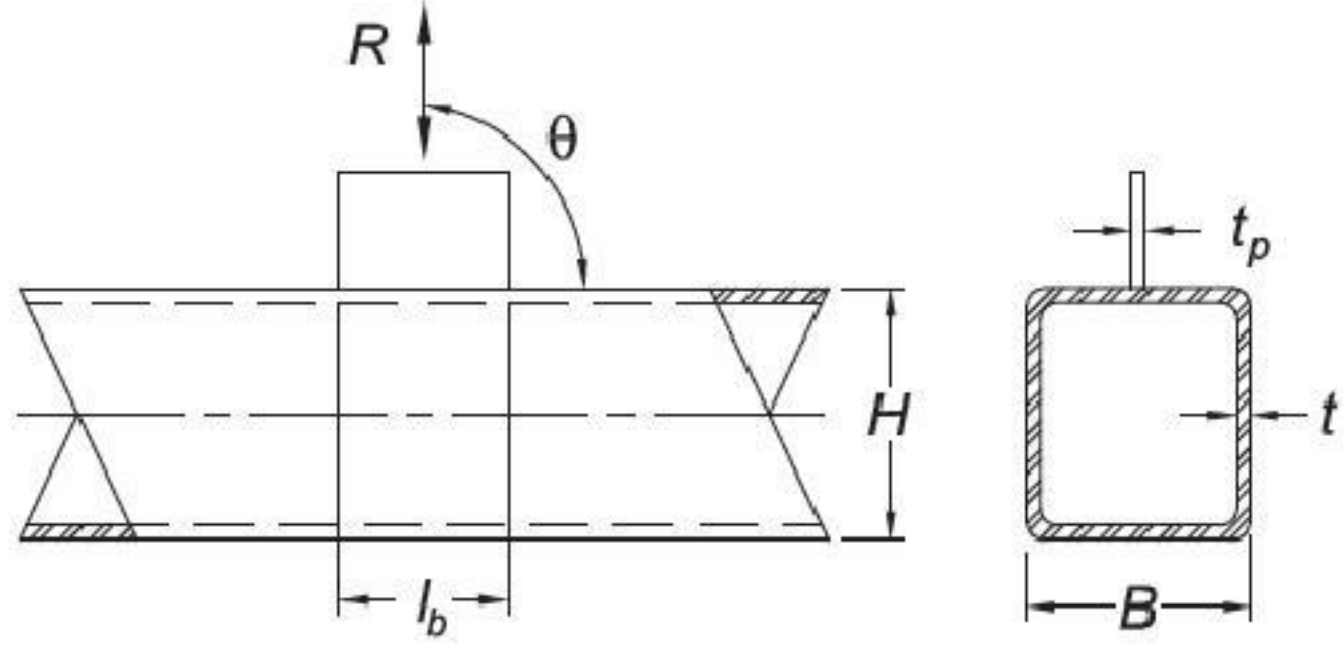
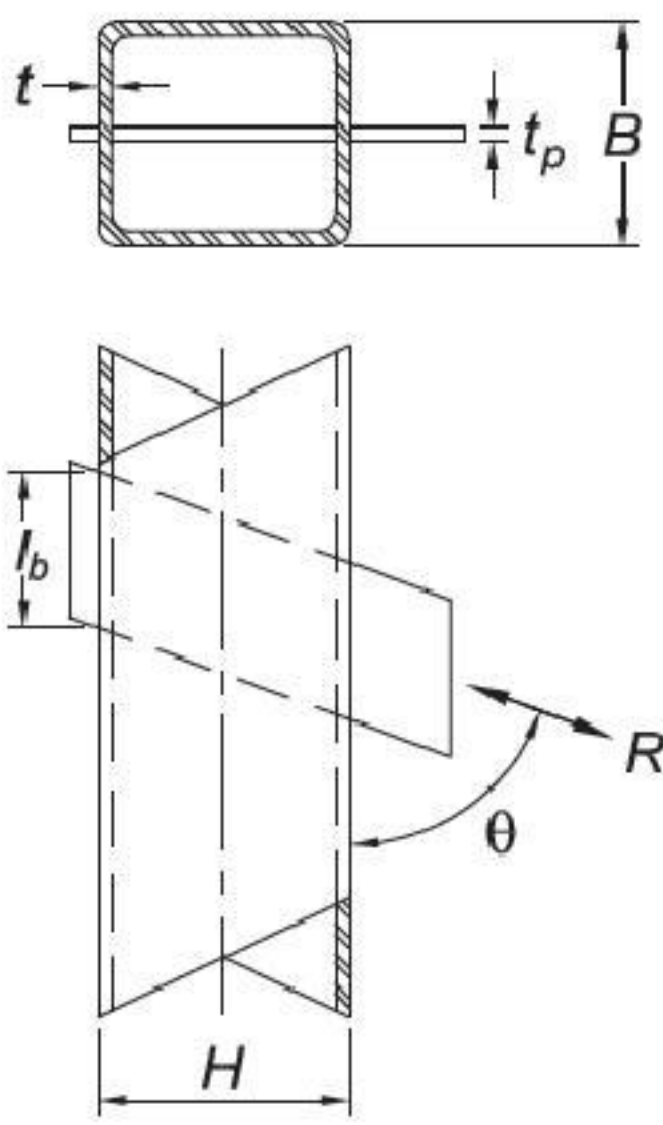
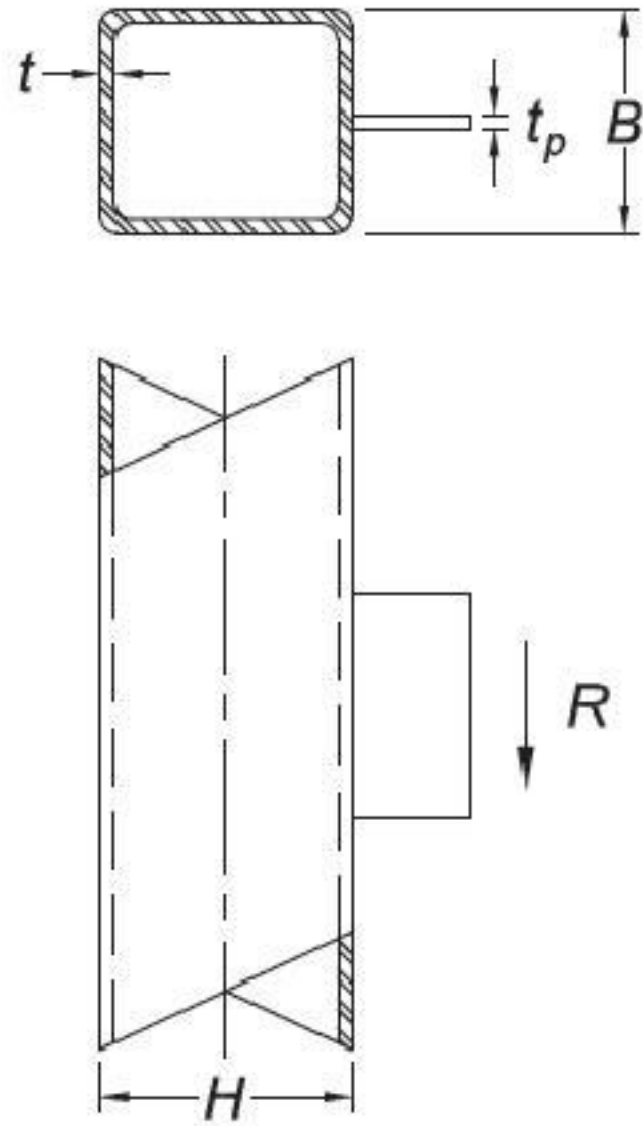
TABEL K1.1A – Batas Aplikasi yang Berlaku dari Tabel K1.1

Sudut beban pelat: $\theta \geq 30^\circ$	
Kelangsingan $D/t \leq 50$ untuk sambungan-T di bawah beban aksial atau lentur pelat cabang	
Dinding PSB: $D/t \leq 40$ untuk sambungan-silang di bawah beban aksial atau lentur pelat cabang	
$D/t \leq 0,11E/F_y$ akibat beban geser pelat cabang	
$D/t \leq 0,11E/F_y$ untuk sambungan pelat penutup dalam tekan	
Rasio lebar: $0,2 < B_p/D \leq 1,0$ untuk sambungan pelat cabang transversal	
Kekuatan material: $F_y \leq 52 \text{ ksi (360 MPa)}$	
Daktalitas: $F_y/F_u \leq 0,80$	Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan.

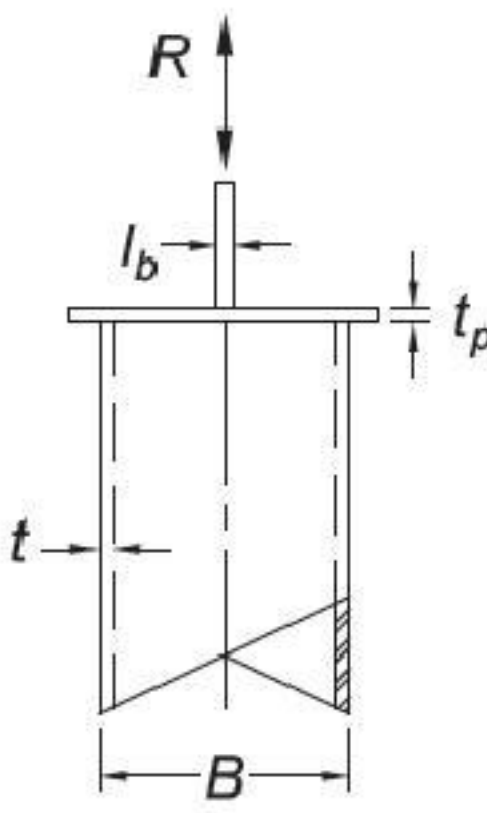
TABEL K1.2 – Kekuatan Tersedia dari Sambungan PSB Persegi-ke-Pelat

Type Sambungan	Kekuatan Tersedia Sambungan
 <p>Pelat T Transversal- dan Sambungan-Silang, Akibat Beban Aksial Pelat</p>	<p>Keadaan batas: Leleh Lokal dari Pelat, untuk Semua β</p> $R_n = \frac{10}{B/t} F_y t B_p \leq F_{yp} t_p B_p \quad (\text{K1-7})$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Leleh Geser PSB Pons</p> <p>Bila $0,85B \leq B_p \leq B - 2t$</p> $R_n = 0,6 F_y t (2t_p + 2B_{ep}) \quad (\text{K1-8})$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Leleh Lokal dari dinding samping PSB</p> <p>Bila $\beta = 1,0$</p> $R_n = 2 F_y t (5k + l_b) \quad (\text{K1-9})$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Lipat Lokal dari dinding samping PSB</p> <p>Bila $\beta = 1,0$ dan Pelat adalah dalam Tekan,</p> <p>Untuk Sambungan-T</p> $R_n = 1,6 t^2 \left(1 + \frac{3l_b}{H - 3t} \right) \sqrt{E F_y Q_f} \quad (\text{K1-10})$ <p>$\phi = 0,75$ (DFBK) $\Omega = 2,00$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Lipat Lokal dari dinding samping PSB</p> <p>Bila $\beta = 1,0$ dan Pelat adalah dalam Tekan,</p> <p>Untuk Sambungan-Silang</p> $R_n = \left(\frac{48 t^3}{H - 3t} \right) \sqrt{E F_y Q_f} \quad (\text{K1-11})$ <p>$\phi = 0,90$ (DFBK) $\Omega = 1,67$ (DKI)</p>

TABEL K1.2 (Lanjutan) – Kekuatan Tersedia dari Sambungan PSB Persegi-ke-Pelat

Tipe Sambungan	Kekuatan Tersedia Sambungan
<p>Pelat T Longitudinal, Sambungan-Y dan Sambungan-Silang, Akibat Beban Aksial Pelat</p> 	<p>Keadaan batas: Plastifikasi PSB</p> $R_n \sin \theta = \frac{F_y t^2}{1 - \frac{t_p}{B}} \left(\frac{2l_b}{B} + 4 \sqrt{1 - \frac{t_p}{B}} Q_f \right) \quad (K1-12)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
<p>Pelat T Melalui Longitudinal- dan Sambungan-Y, Akibat Beban Aksial Pelat</p> 	<p>Keadaan batas: Plastifikasi Dinding PSB</p> $R_n \sin \theta = \frac{F_y t^2}{1 - \frac{t_p}{B}} \left(\frac{2l_b}{B} + 4 \sqrt{1 - \frac{t_p}{B}} Q_f \right) \quad (K1-13)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
<p>Sambungan T Pelat Longitudinal, Akibat beban Geser Pelat</p> 	<p>Keadaan batas: Keadaan Batas Pelat dan Geser Pons PSB</p> <p>Untuk R_n, lihat Bab J. Tambahan, hubungan yang berikut harus dipenuhi:</p> $t_p \leq \frac{F_u}{F_{yp}} t \quad (K1-3)$

TABEL K1.2 (Lanjutan) – Kekuatan Tersedia dari Sambungan PSB Persegi-ke-Pelat

Tipe Sambungan	Kekuatan Tersedia Sambungan
Sambungan Pelat Penutup, Akibat Beban Aksial 	Keadaan batas: Leleh Lokal dari dinding samping $R_n = 2F_y t (5t_p + l_b), \text{ bila } (5t_p + l_b) < B \quad (\text{K1-14a})$ $R_n = F_y A, \text{ bila } (5t_p + l_b) \geq B \quad (\text{K1-14b})$ $\phi = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,50 \text{ (DKI)}$
	Keadaan batas: Lipat Lokal dari dinding samping, Bila Pelat adalah dalam Tekan $R_n = 1,6 t^2 \left[1 + \frac{6l_b}{B} \left(\frac{t}{t_p} \right)^{1,5} \right] \sqrt{EF_y \frac{t_p}{t}}, \text{ bila } (5t_p + l_b) \geq B \quad (\text{K1-15})$ $\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$
FUNGSI	
$Q_r = 1$ untuk PSB (permukaan yang disambung) dalam tarik $= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta} \leq 1,0 \text{ untuk PSB (permukaan yang disambung) dalam tekan, untuk sambungan pelat transversal} \quad (\text{K1-16})$ $= \sqrt{1 - U^2} \text{ untuk PSB (permukaan yang disambung) dalam tekan, untuk pelat longitudinal dan sambungan pelat melalui longitudinal} \quad (\text{K1-17})$ $U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ dimana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi dari joint yang memiliki tegangan tekan lebih rendah. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan pada PSB. (K1-6) $B_{ep} = \frac{10 B_p}{B l t} \leq B_p \quad (\text{K1-18})$ $K = \text{radius sudut luar dari PSB} \geq 1,5 t.$	

TABEL K1.2A – Batas Aplikasi yang Berlaku dari Tabel K1.2

Sudut beban pelat:	θ	$\geq 30^\circ$
Kelangsingan dinding PSB:	B/t atau H/t	≤ 35 untuk dinding yang dibebani, untuk sambungan pelat cabang transversal
	B/t atau H/t	≤ 40 untuk dinding yang dibebani, untuk pelat cabang longitudinal dan melalui sambungan pelat
	$(B - 3t)/t$ atau $(H - 3t)/t$	$\leq 1,40\sqrt{E/F_y}$ untuk dinding yang dibebani, untuk beban geser pelat cabang
Rasio lebar:	$0,25 < B_p/B$	$\leq 1,0$ untuk sambungan pelat cabang transversal
Kekuatan material:	F_y	≤ 52 ksi (360 MPa)
Daktalitas:	F_y/F_u	$\leq 0,8$ Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan.

Untuk tujuan Spesifikasi ini, sumbu komponen struktur cabang dan komponen struktur kord akan terletak di bidang yang sama. Sambungan PSB persegi yang selanjutnya dibatasi memiliki semua komponen struktur yang berorientasi dengan dinding paralel terhadap bidang tersebut. Untuk rangka-rangka batang yang dibuat dengan PSB yang disambungkan melalui komponen struktur cabang pengelasan ke komponen struktur kord, eksentrisitas dalam batas penerapan diizinkan tanpa mempertimbangkan momen yang dihasilkan untuk desain sambungan.

1. Definisi Parameter

- A_g = luas penampang bruto komponen struktur, in.² (mm²)
- B = lebar keseluruhan dari *komponen struktur utama PSB* persegi, diukur 90° terhadap bidang sambungan, in. (mm)
- B_b = lebar keseluruhan dari *komponen struktur cabang PSB* persegi, diukur 90° terhadap bidang sambungan, in. (mm)
- D = diameter terluar dari komponen struktur utama PSB bundar, in. (mm)
- D_b = diameter terluar dari komponen struktur cabang PSB bundar, in. (mm)
- F_c = *tegangan tersedia* dalam kord, ksi (MPa)
 $= F_y$ untuk DFBK; $0,6 F_y$ untuk DKI
- F_y = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material komponen struktur utama PSB, ksi (MPa)
- F_{yb} = *tegangan leleh minimum yang disyaratkan* dari material komponen struktur cabang PSB, ksi (MPa)
- F_u = *kekuatan tarik minimum yang disyaratkan* dari material PSB, ksi (MPa)
- H = tinggi keseluruhan dari komponen struktur utama PSB persegi, diukur dalam bidang sambungan, in. (mm)
- H_b = tinggi keseluruhan dari komponen struktur cabang PSB persegi, diukur dalam bidang sambungan, in. (mm)
- O_v = $\ell_{ov}/\ell_p \times 100$, %
- S = modulus penampang elastis komponen struktur, in.³ (mm³)
- e = esentrisitas dalam suatu sambungan rangka batang, positif berada jauh dari cabang-cabang, in. (mm)
- g = celah antara ujung dari komponen struktur cabang dalam suatu sambungan-K, dengan mengabaikan las-las, in. (mm)

- $\ell_b = H_b / \sin \theta$, in. (mm)
 ℓ_{ov} = panjang overlap diukur sepanjang muka kord yang disambung di bawah dua cabang, in. (mm)
 ℓ_p = panjang terproyeksi dari cabang overlapping pada kord, in. (mm)
 t = ketebalan dinding desain dari komponen struktur utama PSB, in. (mm)
 t_b = ketebalan dinding desain dari komponen struktur cabang PSB, in. (mm)
 β = rasio lebar; rasio dari diameter cabang terhadap diameter kord = D_b/D untuk PSB bundar; rasio dari lebar cabang keseluruhan terhadap lebar kord = B_b/B untuk PSB persegi
 β_{eff} = rasio lebar efektif; jumlah perimeter dari komponen struktur dua cabang dalam suatu sambungan-K dibagi dengan delapan kali lebar kord
 γ = rasio kelangsingan kord; rasio dari setengah diameter terhadap ketebalan dinding = $D/2t$ untuk PSB bundar; rasio dari setengah lebar terhadap ketebalan dinding = $B/2t$ untuk PSB persegi
 η = parameter panjang beban, hanya berlaku untuk PSB persegi; rasio dari panjang kontak cabang dengan kord pada bidang sambungan terhadap lebar kord = ℓ_b/B
 θ = sudut lancip antara cabang dan kord (derajat)
 ζ = rasio celah; rasio dari celah antara cabang-cabang dari sambungan-K bercelah terhadap lebar kord = g/B untuk PSB persegi

2. PSB Bundar

Kekuatan tersedia sambungan rangka batang PSB-ke-PSB dalam batas-batas Tabel K2.1A harus diambil sebagai nilai terendah dari keadaan batas yang berlaku yang tercantum dalam Tabel K2.1.

3. PSB Persegi

Kekuatan tersedia sambungan rangka batang PSB-ke-PSB dalam batas-batas Tabel K2.2A harus diambil sebagai nilai terendah dari keadaan batas yang berlaku yang tercantum dalam Tabel K2.2.

K3. SAMBUNGAN MOMEN PSB-KE-PSB

Kekuatan desain, ϕM_n , dan kekuatan yang diizinkan, M_n/Ω , dari sambungan-sambungan harus ditentukan menurut ketentuan bab ini dan ketentuan Pasal B3.6.

Sambungan-sambungan momen PSB-ke-PSB yang didefinisikan sebagai sambungan yang terdiri dari satu atau dua komponen struktur cabang yang secara langsung di las ke suatu kord menerus yang menembus sambungan, dengan cabang atau cabang-cabang dibebani oleh momen lentur.

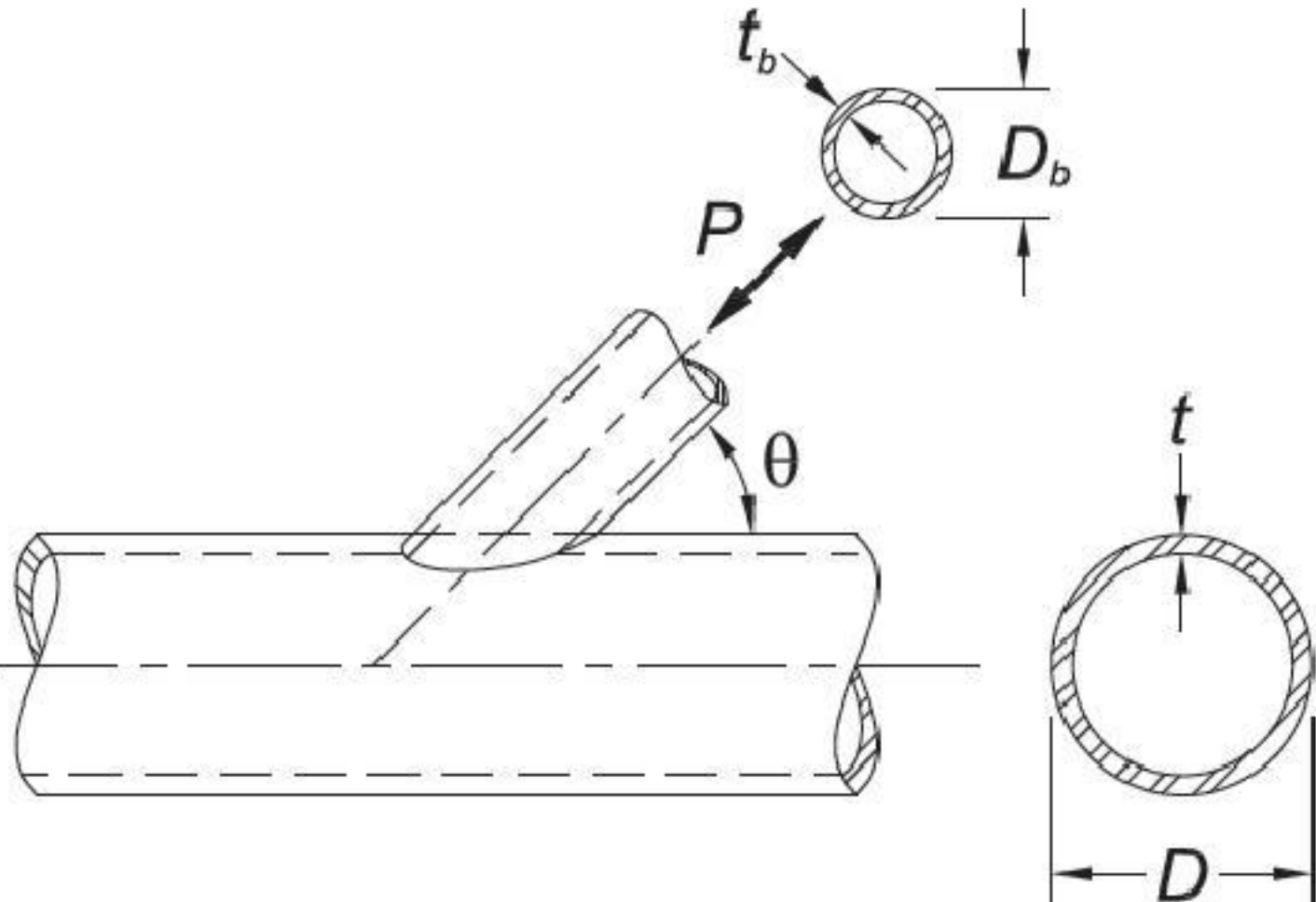
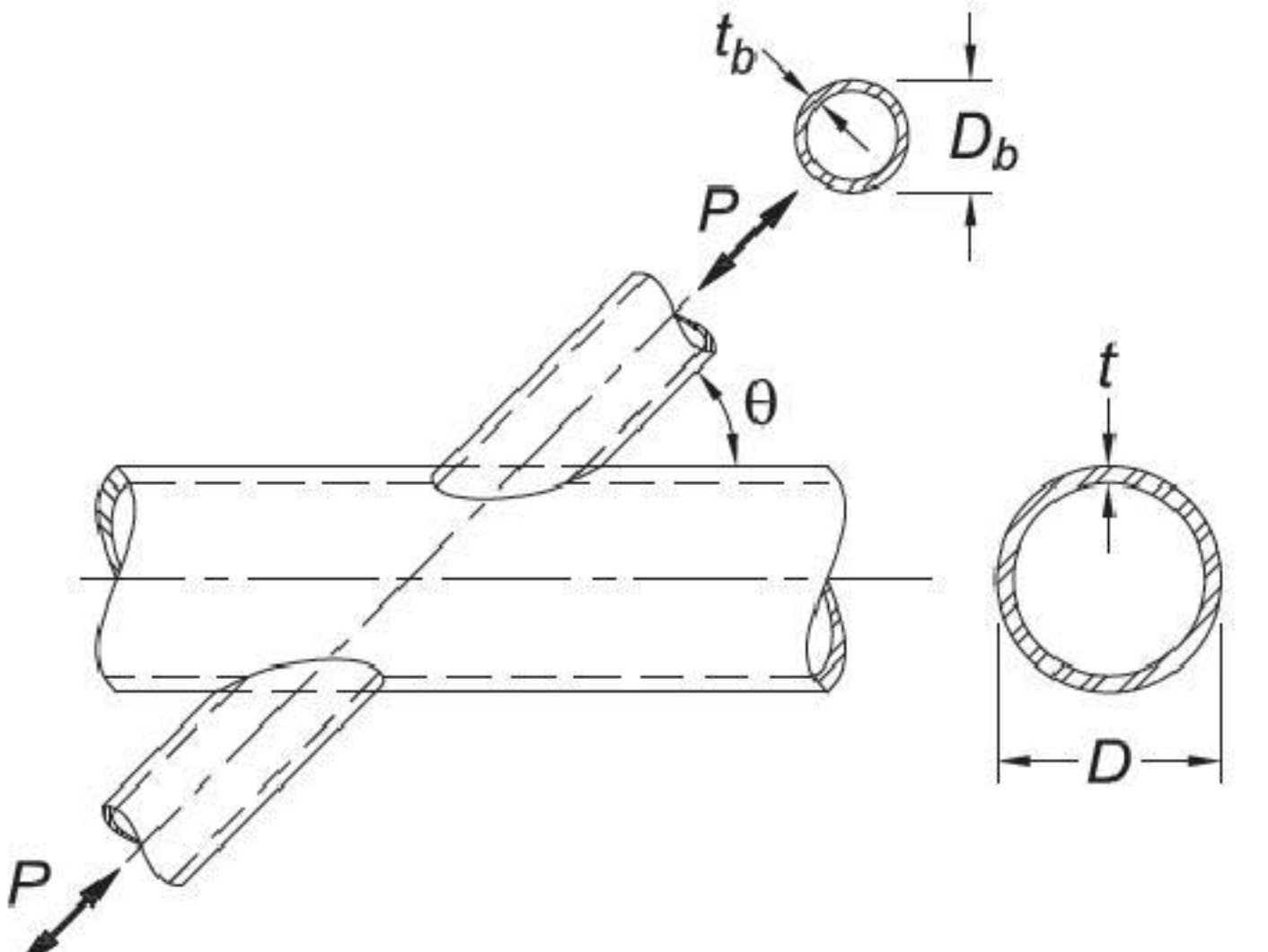
Suatu sambungan harus diklasifikasikan sebagai:

- (a) Suatu sambungan-T bila ada satu cabang dan arahnya tegak lurus terhadap kord dan sebagai suatu sambungan-Y bila ada satu cabang tetapi tidak tegak lurus terhadap kord

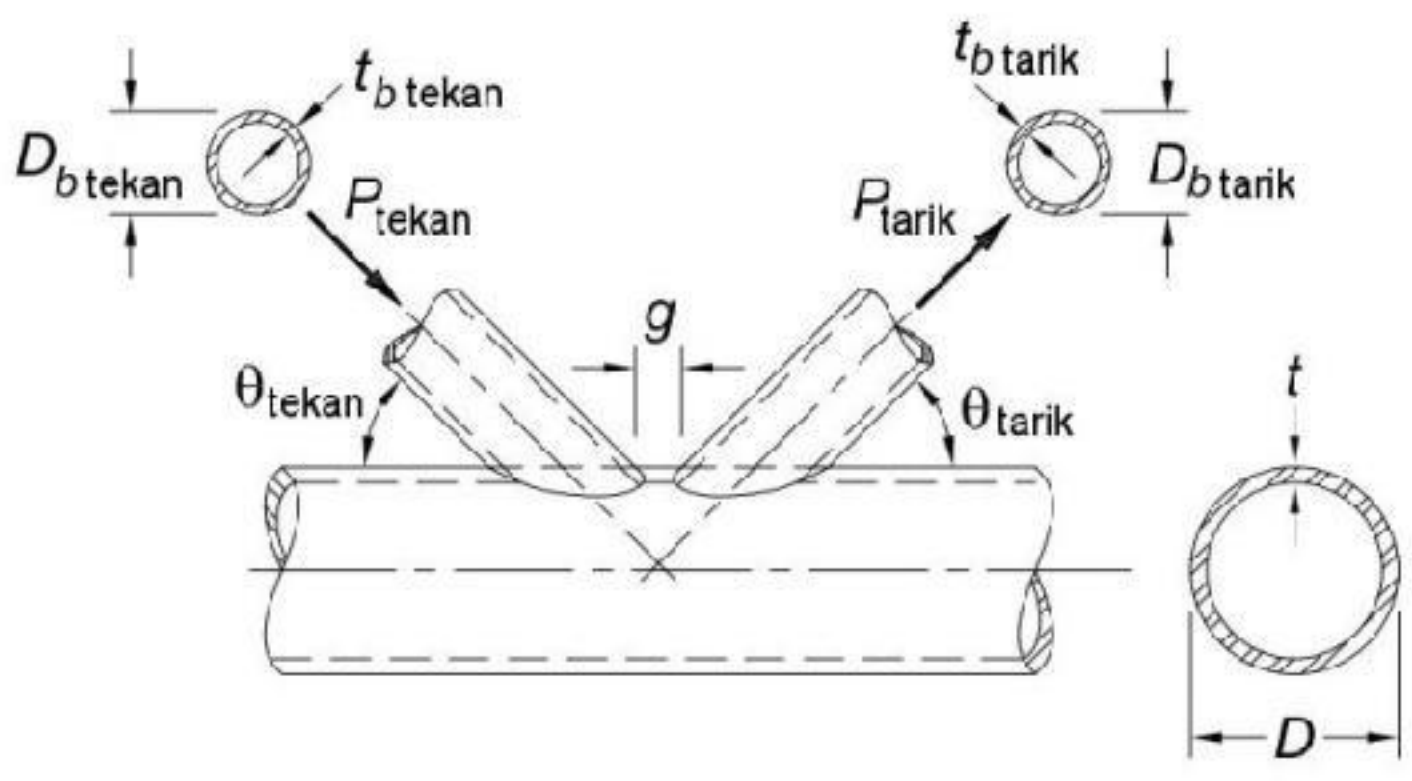
- (b) Suatu *sambungan-silang* bila ada satu cabang pada setiap (berlawanan) sisi kord.

Untuk tujuan Spesifikasi ini, sumbu komponen struktur cabang dan *komponen struktur kord* harus terletak dalam suatu bidang yang sama.

TABEL K2.1 – Kekuatan Tersedia Sambungan Rangka Batang PSB-ke-PSB Bundar

Tipe Sambungan	Kekuatan Aksial Tersedia dari Sambungan
Pemeriksaan Umum Untuk Sambungan-T, -Silang dan -K Dengan Celah, Bila $D_{b(\text{tarik/tekan})} < (D - 2t)$	Keadaan batas: Leleh Geser (Pons) $P_n = 0,6 F_y t \pi D_b \left(\frac{1 + \sin \theta}{2 \sin^2 \theta} \right) \quad (\text{K2-1})$ $\phi = 0,95 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,58 \text{ (DKI)}$
Sambungan-T dan Sambungan-Y 	Keadaan batas: Plastifikasi Kord $P_n \sin \theta = F_y t^2 (3,1 + 15,6 \beta^2) \gamma^{0,2} Q_f \quad (\text{K2-2})$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$
Sambungan-Silang 	Keadaan batas: Plastifikasi Kord $P_n \sin \theta = F_y t^2 \left(\frac{5,7}{1 - 0,81 \beta} \right) Q_f \quad (\text{K2-3})$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$

TABEL K2.1 (Lanjutan) – Kekuatan Tersedia Sambungan Rangka Batang PSB-ke-PSB Bundar

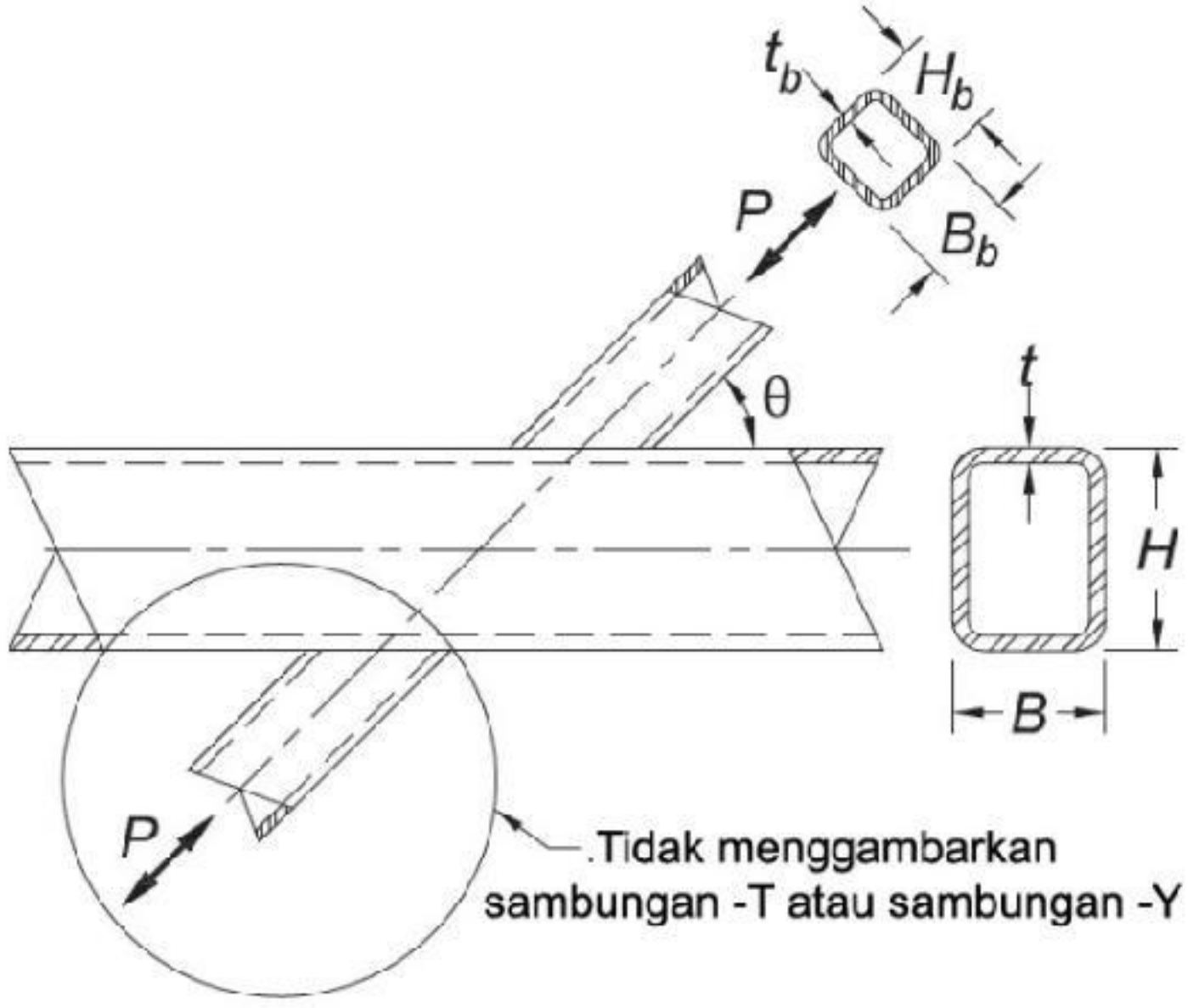
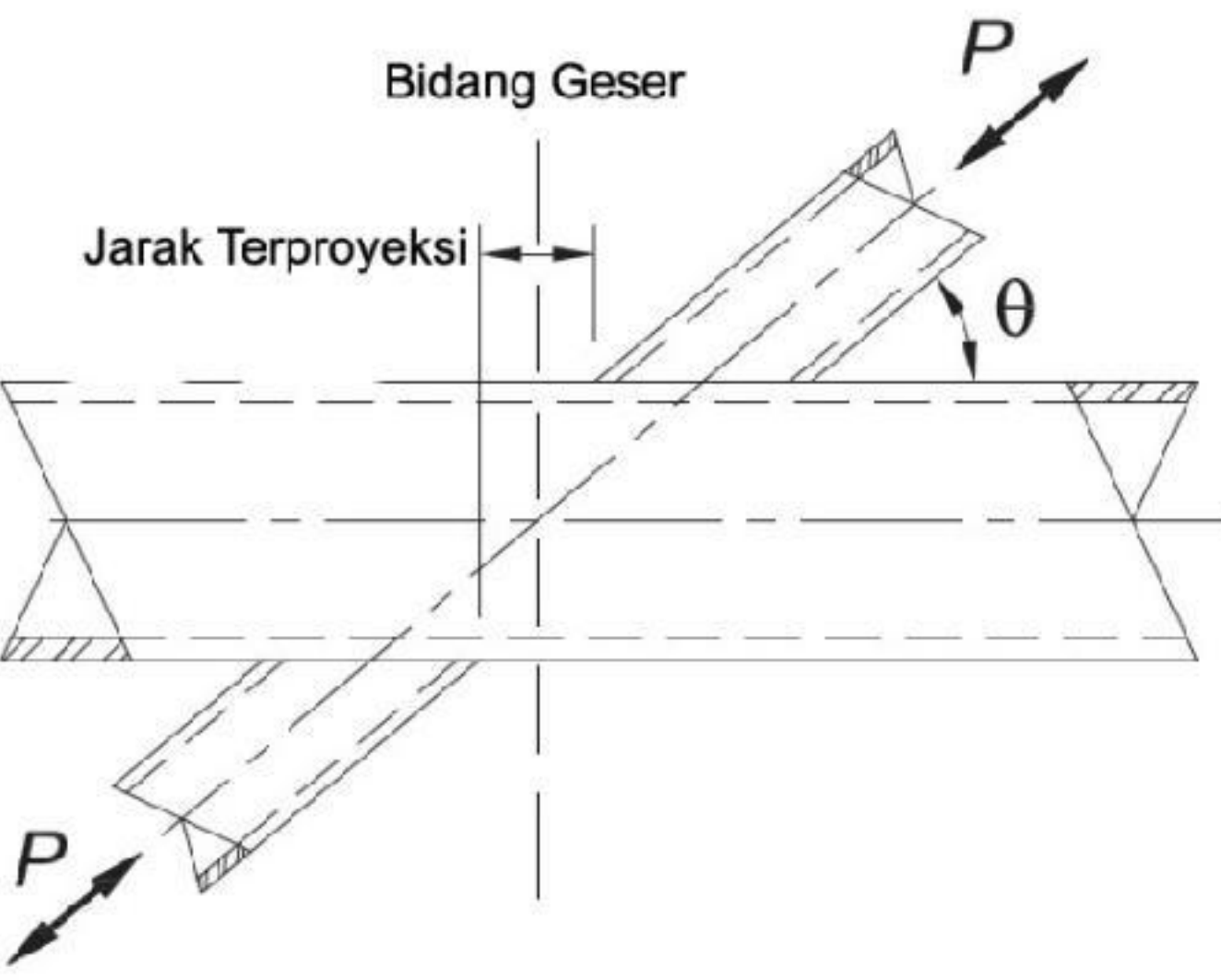
Tipe Sambungan	Kekuatan Aksial Tersedia dari Sambungan
<p>Sambungan-K Dengan Celah atau Overlap</p> 	<p>Keadaan batas: Plastifikasi kord</p> $(P_n \sin \theta)_{\text{cabangtekan}} = F_y t^2 \left(2,0 + 11,33 \frac{D_b \text{ tekan}}{D} \right) Q_g Q_f \quad (\text{K2-4})$ $(P_n \sin \theta)_{\text{cabangtarik}} = (P_n \sin \theta)_{\text{cabangtekan}} \quad (\text{K2-5})$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$
FUNGSI	
$Q_f = 1$ untuk kord (permukaan penyambung) dalam tarik (K1-5a)	
$= 1,0 - 0,3U(1 + U)$ untuk PSB (permukaan penyambung) dalam tekan (K1-5b)	
$U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $	
<p>di mana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi joint yang memiliki tegangan tekan lebih rendah. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan di PSB. $P_{ro} = P_u$ untuk DFBK; P_a untuk DKI. $M_{ro} = M_u$ untuk DFBK; M_a untuk DKI</p>	
$Q_g = \gamma^{0,2} \left[1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{\exp\left(\frac{0,5g}{t} - 1,33\right) + 1} \right]^{[a]} \quad (\text{K2-6})$	
<p>^[a]Catatan bahwa $\exp(x)$ adalah sama dengan e^x, dimana $e = 2,71828$ adalah dasar dari logaritma normal.</p>	

TABEL K2.1A – Batas Aplikasi yang Berlaku dari Tabel K2.1

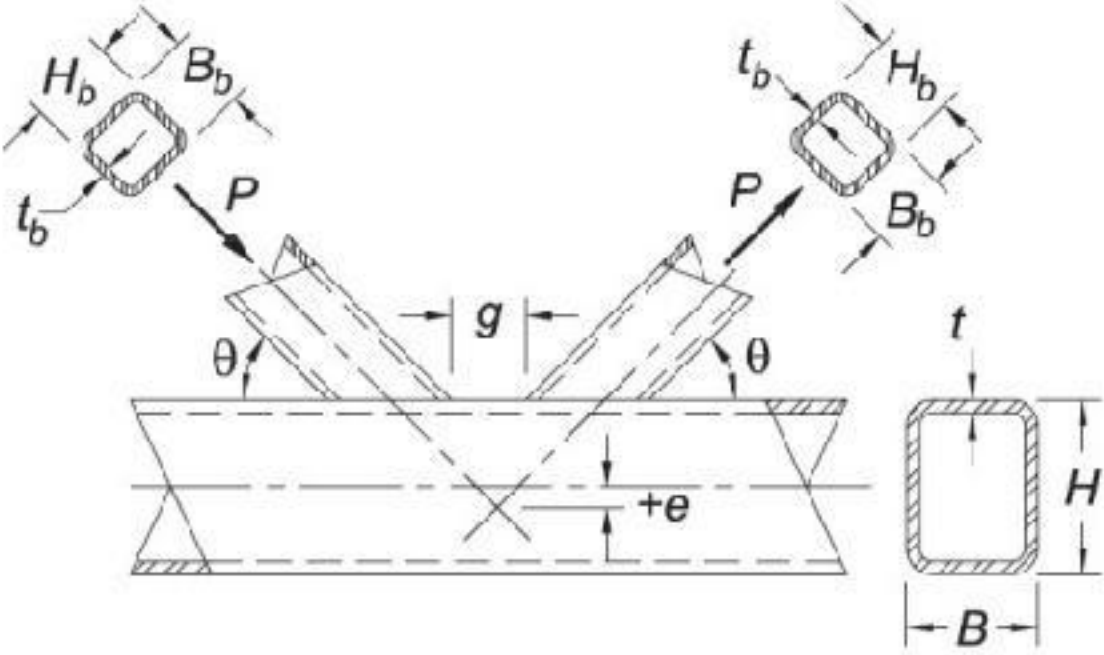
Eksentrisitas joint:	- 0,55	$\geq e/D$ untuk sambungan-K
Sudut cabang:	θ	$\geq 30^\circ$
Kelangsingan dinding kord:	D/t	≤ 50 untuk sambungan-T, -Y dan sambungan-K
	D/t	≤ 40 untuk sambungan-silang
Kelangsingan dinding cabang:	D_b/t_b	≤ 50 untuk cabang tekan
	D_b/t_b	$\leq 0,05E/F_{yb}$ untuk cabang tekan
Rasio lebar:	0,2	$< D_b/D \leq 1,0$ untuk sambungan-T, -Y, -silang dan Sambungan-K yang overlap
	0,4	$< D_b/D \leq 1,0$ untuk sambungan-K bercelah
Celah:	g	$\geq t_b \text{ tekan} + t_b \text{ tarik}$ untuk sambungan-K bercelah
Overlap:	25 %	$\leq O_v \leq 100 \%$ untuk sambungan-K yang overlap
Ketebalan cabang:	$t_b \text{ overlapping}$	$\leq t_b \text{ overlapped}$ untuk cabang-cabang pada sambungan-K yang overlap
Kekuatan material:	F_y dan F_{yb}	$\leq 52 \text{ ksi (360 MPa)}$
Daktalitas:	F_y/F_u dan F_{yb}/F_{ub}	$\leq 0,80$

Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan

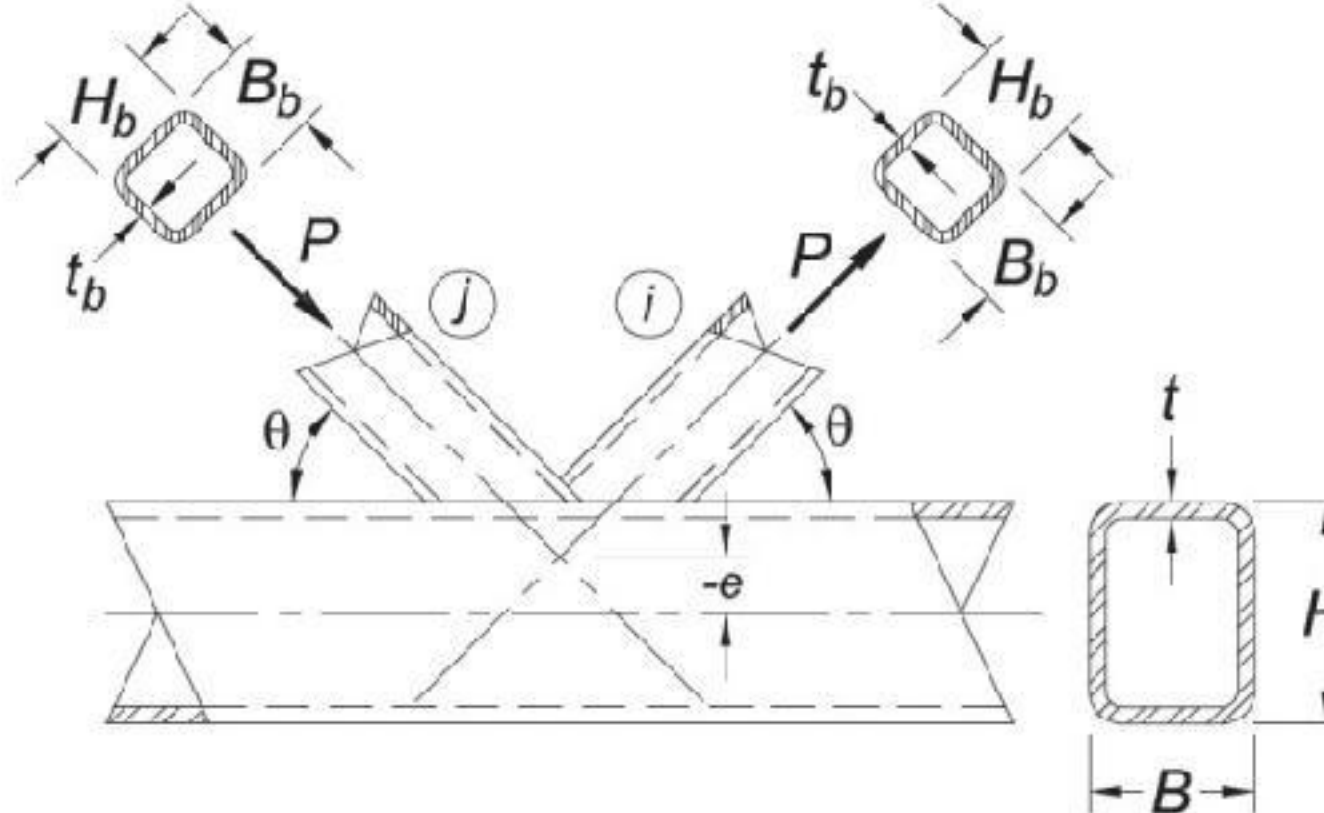
TABEL K2.2 – Kekuatan Tersedia Sambungan Rangka Batang PSB-ke-PSB Persegi

Tipe Sambungan	Kekuatan Aksial Tersedia Sambungan
<p>Sambungan-T, -Y dan –Silang</p>  <p>Kasus untuk memeriksa keadaan batas geser dari dinding-dinding sisi kord</p> 	<p>Keadaan batas: Plastifikasi Dinding Kord, Bila</p> $\beta \leq 0,85 \quad P_n \sin \theta = F_y t^2 \left[\frac{2\eta}{(1-\beta)} + \frac{4}{\sqrt{1-\beta}} \right] Q_f \quad (K2-7)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Leleh Geser (Pons), Bila $0,85 \leq \beta \leq 1 - 1/\gamma$ atau $B/t < 10$</p> $P_n \sin \theta = 0,6 F_y t B (2\eta + 2\beta_{eop}) \quad (K2-8)$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Leleh Lokal dari dinding samping Kord</p> <p>Bila $\beta = 1,0$</p> $P_n \sin \theta = 2 F_y t (5k + l_b) \quad (K2-9)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Lipat Lokal dari dinding samping Kord, Bila $\beta = 1,0$ dan Cabang adalah dalam Tekan, untuk Sambungan-T atau -Y</p> $P_n \sin \theta = 1,6 t^2 \left(1 + \frac{3l_b}{H - 3t} \right) \sqrt{E F_y Q_f} \quad (K2-10)$ <p>$\phi = 0,75$ (DFBK) $\Omega = 2,00$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Lipat Lokal dari dinding samping Kord, Bila $\beta = 1,0$ dan Cabang adalah dalam Tekan, untuk Sambungan-Silang</p> $P_n \sin \theta = \left(\frac{48 t^3}{H - 3t} \right) \sqrt{E F_y Q_f} \quad (K2-11)$ <p>$\phi = 0,90$ (DFBK) $\Omega = 1,67$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan batas: Leleh Lokal dari Cabang/Cabang-cabang karena distribusi beban tidak merata, Bila $\beta > 0,85$</p> $P_n = F_{yb} t_b (2H_b + 2b_{eoi} - 4t_b) \quad (K2-12)$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p> <p>dimana</p> $b_{eoi} = \frac{10}{B/t} \left(\frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (K2-13)$

TABEL K2.2 – (Lanjutan)

Tipe Sambungan	Kekuatan Aksial Tersedia Sambungan
Sambungan-T, -Y dan –Silang	Keadaan Batas: Geser dari Dinding samping Kord Untuk Sambungan-Silang Dengan $\theta < 90^\circ$ dan Dimana Celah Terproyeksi dibuat (Lihat Gambar). Penentuan $P_n \sin \theta$ sesuai dengan Pasal G5.
<p data-bbox="285 626 659 661">Sambungan-K Bercelah</p> 	Keadaan batas: Plastifikasi Dinding Kord, untuk semua β $P_n \sin \theta = F_y t^2 [9,8 \beta_{eff} \gamma^{0,5}] Q_f \quad (K2-14)$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$
	Keadaan batas: Leleh Geser (Pons), bila $B_b < B - 2t$ Tidak dilakukan pemeriksaan cabang-cabang persegi $P_n \sin \theta = 0,6 F_y t B (2\eta + \beta + \beta_{eop}) \quad (K2-15)$ $\phi = 0,95 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,58 \text{ (DKI)}$
	Keadaan batas: Geser dari dinding samping Kord, pada Daerah Celah Penentuan $P_n \sin \theta$ sesuai dengan Pasal G5. Tidak dilakukan pemeriksaan cabang-cabang persegi
	Keadaan batas: Leleh Lokal dari Cabang/Cabang-cabang karena distribusi beban tidak merata. Tidak dilakukan pemeriksaan cabang-cabang persegi atau jika $B/t \geq 15$. $P_n = F_{yb} t [2H_b + B_b + b_{eoi} - 4t_b] \quad (K2-16)$ $\phi = 0,95 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,58 \text{ (DKI)}$ <p data-bbox="814 1590 926 1626">dimana</p> $b_{eoi} = \frac{10}{B/t} \left[\frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right] B_b \leq B_b \quad (K2-13)$

TABEL K2.2 – (Lanjutan)

Tipe Sambungan	Kekuatan Aksial Tersedia Sambungan
<p>Sambungan-T, -Y dan – Silang</p> $b_{eov} = \frac{10}{B_{bj} / t_{bj}} \left(\frac{F_{ybj} t_{bj}}{F_{ybi} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi}$ 	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal dari Cabang/Cabang-cabang akibat distribusi beban tidak merata $\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p> <p>Bila $25 \% \leq O_v < 50$</p> $\%: P_{n,i} = F_{ybi} t_{bi} \left[\frac{O_v}{50} (2H_{bi} - 4t_{bi}) + b_{eoi} + b_{eov} \right] \quad (K2-17)$ <p>Bila $50 \% \leq O_v < 80 \%$:</p> $P_{n,i} = F_{ybi} t_{bi} (2H_{bi} - 4t_{bi} + b_{eoi} + b_{eov}) \quad (K2-18)$ <p>Bila $80 \% \leq O_v < 100 \%$:</p> $P_{n,i} = F_{ybi} t_{bi} (2H_{bi} - 4t_{bi} + B_{bi} + b_{eov}) \quad (K2-19)$ $b_{eoi} = \frac{10}{B / t} \left(\frac{F_y t}{F_{ybi} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-20)$ $b_{eov} = \frac{10}{B_{bj} / t_{bj}} \left(\frac{F_{ybj} t_{bj}}{F_{ybi} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-21)$ <p>Subscript <i>i</i> mengacu ke cabang overlapping Subscript <i>j</i> mengacu ke cabang overlapped</p> $P_{n,j} = P_{ni} \left(\frac{F_{ybj} A_{bj}}{F_{ybi} A_{bi}} \right) \quad (K2-22)$
FUNGSI	
<p>$Q_f = 1$ untuk kord (penyambung permukaan) dalam tarik (K1-5a)</p> <p>$= Q_f = 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta} \leq 1$ untuk kord (permukaan penyambung) dalam tekan, untuk sambungan-T, -Y dan sambungan-silang (K1-16)</p> <p>$= Q_f = 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta_{eff}} \leq 1$ untuk kord (permukaan penyambung) dalam tekan, untuk sambungan-K bercelah (K2-23)</p> $U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ <p>dimana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi dari joint yang memiliki tegangan tekan lebih tinggi. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan pada PSB. (K1-6)</p> <p>$P_{ro} = P_u$ untuk DFBK; P_a untuk DKI. $M_{ro} = M_u$ untuk DFBK; M_a untuk DKI</p> $\beta_{eff} = \left[(B_b + H_b)_{cabangtekan} + (B_b + H_b)_{cabangtarik} \right] / 4B \quad (K2-24)$ $\beta_{eop} = \frac{5\beta}{\gamma} \leq \beta \quad (K2-25)$	

TABEL K2.2A – Batas Aplikasi Tabel K2.2

Eksentrisitas joint:	- 0,55	$\leq e/H \leq 0,25$ untuk sambungan-K
Sudut cabang:	θ	$\geq 30^\circ$
Kelangsingan dinding kord:	B/t dan H/t	≤ 35 untuk sambungan-K, -T, -Y dan -silang bercelah
Kelangsingan dinding cabang:	B/t	≤ 30 untuk sambungan-K beroverlap
	H/t	≤ 35 untuk sambungan-K beroverlap
	B_b/t_b dan H_b/t_b	≤ 35 untuk cabang tarik
		$\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$ untuk cabang tekan dari sambungan-K, -T, -Y dan -silang bercelah
		≤ 35 untuk cabang tekan dari sambungan-K, -T, -Y dan -silang bercelah
		$\leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$ untuk cabang tekan dari sambungan-K beroverlap
Rasio lebar:	B_b/B dan H_b/B	$\geq 0,25$ untuk sambungan-T, -Y, -silang dan -K beroverlap
Rasio aspek:	0,5	$\leq H_b/B_b \leq 2,0$ dan $0,5 \leq H/B \leq 2,0$
Overlap:	25 %	$\leq O_v \leq 100$ % untuk sambungan-K beroverlap
Rasio lebar cabang:	B_{bi}/B_{bj}	$\leq 0,75$ untuk sambungan-K beroverlap, dimana subscript i mengacu ke cabang overlap dan huruf j mengacu ke cabang beroverlap
Rasio ketebalan cabang:	t_{bi}/t_{bj}	$\leq 1,0$ untuk sambungan-K beroverlap, dimana subscript i mengacu ke cabang overlap dan huruf j mengacu ke cabang beroverlap
Kekuatan material:	F_y dan F_{yb}	≤ 52 ksi (360 MPa)
Daktalitas:	F_y/F_u dan F_{yb}/F_{ub}	$\leq 0,80$ Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan.
BATAS TAMBAHAN UNTUK SAMBUNGAN-K BERCELAH		
Rasio lebar:	$\frac{B_b}{B}$ dan $\frac{h_b}{B}$	$\geq 0,1 + \frac{\gamma}{50}$
	β_{eff}	$\geq 0,35$
Rasio celah:	$\zeta = g/B$	$\geq 0,5(1 - \beta_{eff})$
Celah:	g	$\geq t_b$ cabang tekan + t_b cabang tarik
Ukuran cabang	B_b terkecil	$\geq 0,63$ (B_b terbesar), jika kedua cabang adalah persegi
Catatan: Ukuran celah maksimum harus dikontrol dengan batas e/H . Jika celah besar, maka perlakukan sebagai dua sambungan-Y.		

1. Definisi Parameter

- A_g = luas penampang bruto dari komponen struktur, in.² (mm²)
 B = lebar keseluruhan dari *komponen struktur utama* PSB persegi, diukur 90° terhadap bidang sambungan, in. (mm)
 B_b = lebar keseluruhan dari *komponen struktur cabang* PSB persegi, diukur 90° terhadap bidang sambungan, in. (mm)
 D = diameter terluar dari komponen struktur utama PSB bundar, in. (mm)
 D_b = diameter terluar dari komponen struktur cabang PSB bundar, in. (mm)
 F_c = *tegangan tersedia*, ksi (MPa)
 $= F_y$ untuk DFBK; $0,60F_y$ untuk DKI

- F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material komponen struktur utama PSB, ksi (MPa)
 F_{yb} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material komponen struktur cabang PSB, ksi (MPa)
 F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material komponen struktur PSB, ksi (MPa)
 H = tinggi keseluruhan dari komponen struktur utama PSB persegi, diukur pada bidang sambungan, in. (mm)
 H_b = tinggi keseluruhan dari komponen struktur cabang PSB persegi, diukur pada bidang sambungan, in. (mm)
 S = modulus penampang elastis dari komponen struktur, in.³ (mm³)
 Z_b = modulus penampang plastis dari cabang di sumbu lentur, in.³ (mm³)
 t = ketebalan dinding desain dari komponen struktur utama PSB, in. (mm)
 t_b = ketebalan dinding desain dari komponen struktur cabang PSB, in. (mm)
 β = rasio lebar
 = D_b/D untuk PSB bundar; rasio dari diameter cabang terhadap diameter kord
 = B_b/B untuk PSB persegi; rasio dari lebar cabang keseluruhan terhadap lebar kord
 γ = rasio kelangsingan kord
 = $D/2t$ untuk PSB bundar; rasio dari setengah diameter terhadap ketebalan dinding
 = $B/2t$ untuk PSB persegi; rasio setengah lebar terhadap ketebalan dinding
 η = parameter panjang beban, hanya berlaku pada PSB PSB persegi
 = ℓ_b/B ; rasio dari panjang kontak cabang dengan kord pada bidang sambungan terhadap lebar kord, di mana $\ell_b = H_b/\sin\theta$
 θ = sudut lancip antara cabang dan kord (derajat)

2. PSB Bundar

Kekuatan tersedia dari sambungan momen di dalam batas Tabel K3.1A harus diambil sebagai nilai terendah dari *keadaan batas* yang berlaku yang ditunjukkan dalam Tabel K3.1.

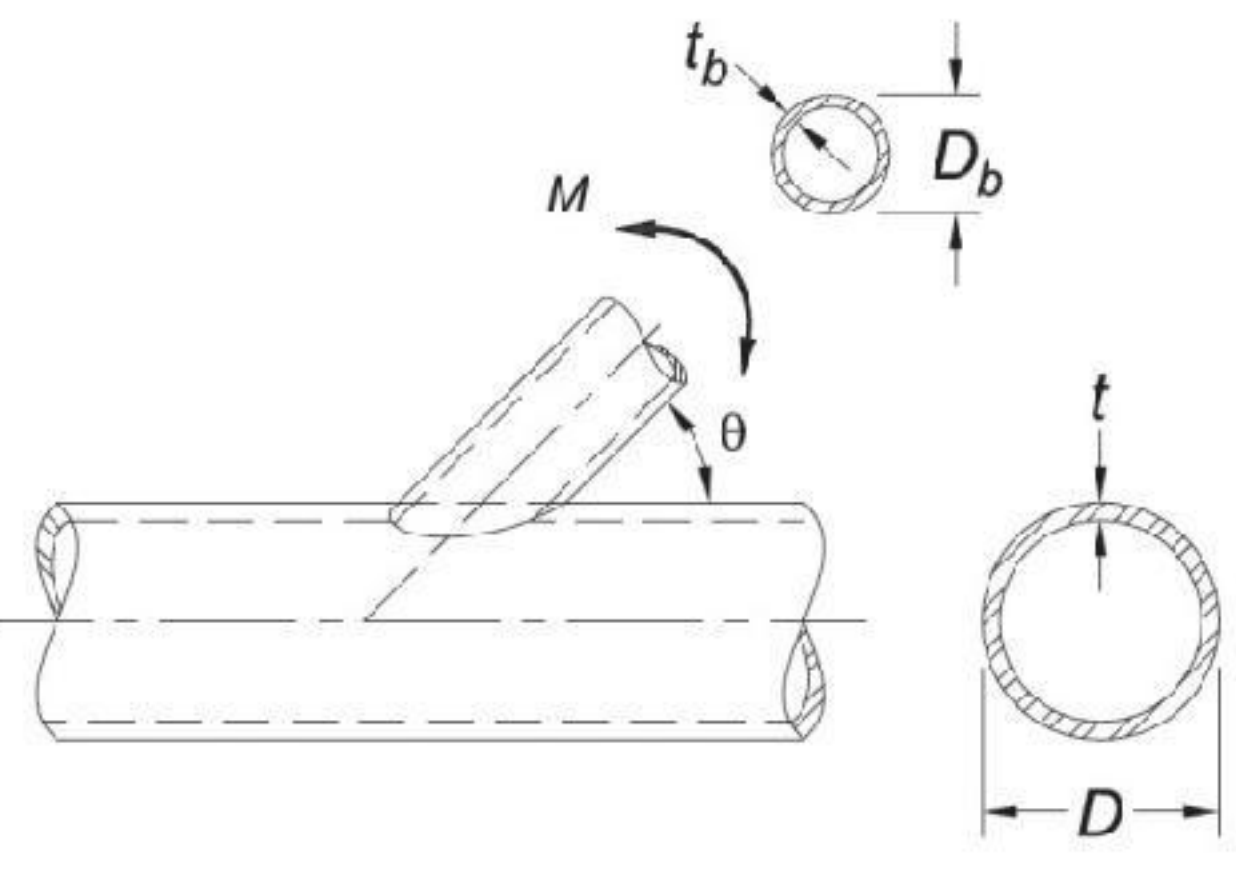
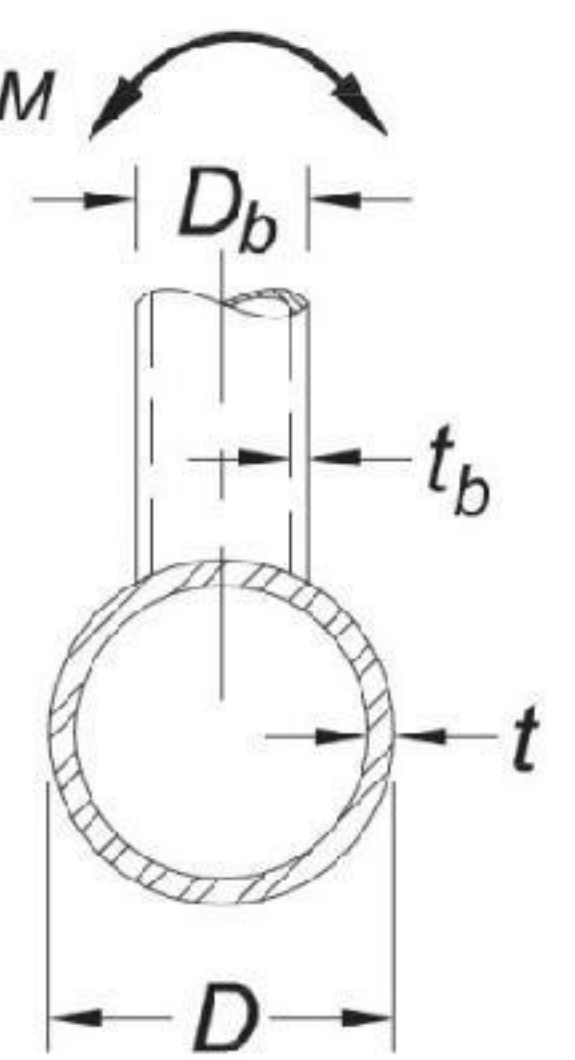
3. PSB Persegi

Kekuatan tersedia dari sambungan momen di dalam batas Tabel K3.2A harus diambil sebagai nilai terendah dari *keadaan batas* yang berlaku yang ditunjukkan dalam Tabel K3.2.

K4. LAS-LAS PELAT DAN CABANG-CABANG KE PSB PERSEGI

Kekuatan desain, ϕR_n , ϕM_n dan ϕP_n , dan *kekuatan yang diizinkan*, R_n/Ω , M_n/Ω dan P_n/Ω , dari *sambungan-sambungan* harus ditentukan menurut ketentuan bab ini dan ketentuan Pasal B3.6.

TABEL K3.1 – Kekuatan Tersedia Sambungan Momen PSB-ke-PSB Bulat

Tipe Sambungan	Kekuatan Lentur Tersedia Sambungan
Cabang di bawah Lentur Sebidang Sambungan-T, -Y dan -Silang 	Keadaan Batas: Plastisifikasi Kord $M_n \sin \theta = 5,39 F_y t^2 \gamma^{0,5} \beta D_b Q_f \quad (K3-1)$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$
	Keadaan Batas: Leleh Geser (Pons), Bila $D_b < (D - 2t)$ $M_n = 0,6 F_y t D_b^2 \left(\frac{1 + 3 \sin \theta}{4 \sin^2 \theta} \right) \quad (K-2)$ $\phi = 0,95 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,58 \text{ (DKI)}$
Cabang di bawah Lentur Keluar-Bidang Sambungan -T, -Y dan -Silang 	Keadaan Batas: Plastisifikasi Kord $M_n \sin \theta = F_y t^2 D_b \left(\frac{3,0}{1 - 0,81 \beta} \right) Q_f \quad (K3-3)$ $\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$
	Keadaan Batas: Leleh Geser (Pons), Bila $D_b < (D - 2t)$ $M_n = 0,6 F_y t D_b^2 \left(\frac{3 + \sin \theta}{4 \sin^2 \theta} \right) \quad (K-4)$ $\phi = 0,95 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,58 \text{ (DKI)}$
Untuk sambungan-T, -Y dan -Silang, dengan cabang di bawah beban aksial yang berkombinasi, lentur sebidang dan lentur keluar-bidang, atau setiap kombinasi dari efek-efek beban ini: $\frac{P_r}{P_c} + \left(\frac{M_{r-ip}}{M_{c-ip}} \right)^2 + \left(\frac{M_{r-op}}{M_{c-op}} \right) \leq 1,0$ $M_{c-ip} = \phi M_n = \text{kekuatan lentur desain untuk lentur sebidang gambar dari Tabel 3.1, kip-in. (N-mm)}$ $= M_n / \Omega = \text{kekuatan lentur izin untuk lentur sebidang gambar dari Tabel 3.1, kip-in. (N-mm)}$ $M_{c-op} = \phi M_n = \text{kekuatan lentur desain untuk lentur keluar bidang gambar dari Tabel 3.1, kip-in. (N-mm)}$ $= M_n / \Omega = \text{kekuatan lentur izin untuk lentur keluar bidang gambar dari Tabel 3.1, kip-in. (N-mm)}$ $M_{r-ip} = \text{kekuatan lentur perlu untuk lentur sebidang gambar, menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kip-in (N-mm)}$ $M_{r-op} = \text{kekuatan lentur perlu untuk lentur keluar bidang gambar, menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kip-in (N-mm)}$ $P_c = \phi P_n = \text{kekuatan aksial desain dari Tabel K2.1, kips (N)}$ $= P_n / \Omega = \text{kekuatan aksial yang diizinkan dari Tabel K2.1, kips (N)}$ $P_r = \text{kekuatan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kips (N)}$	

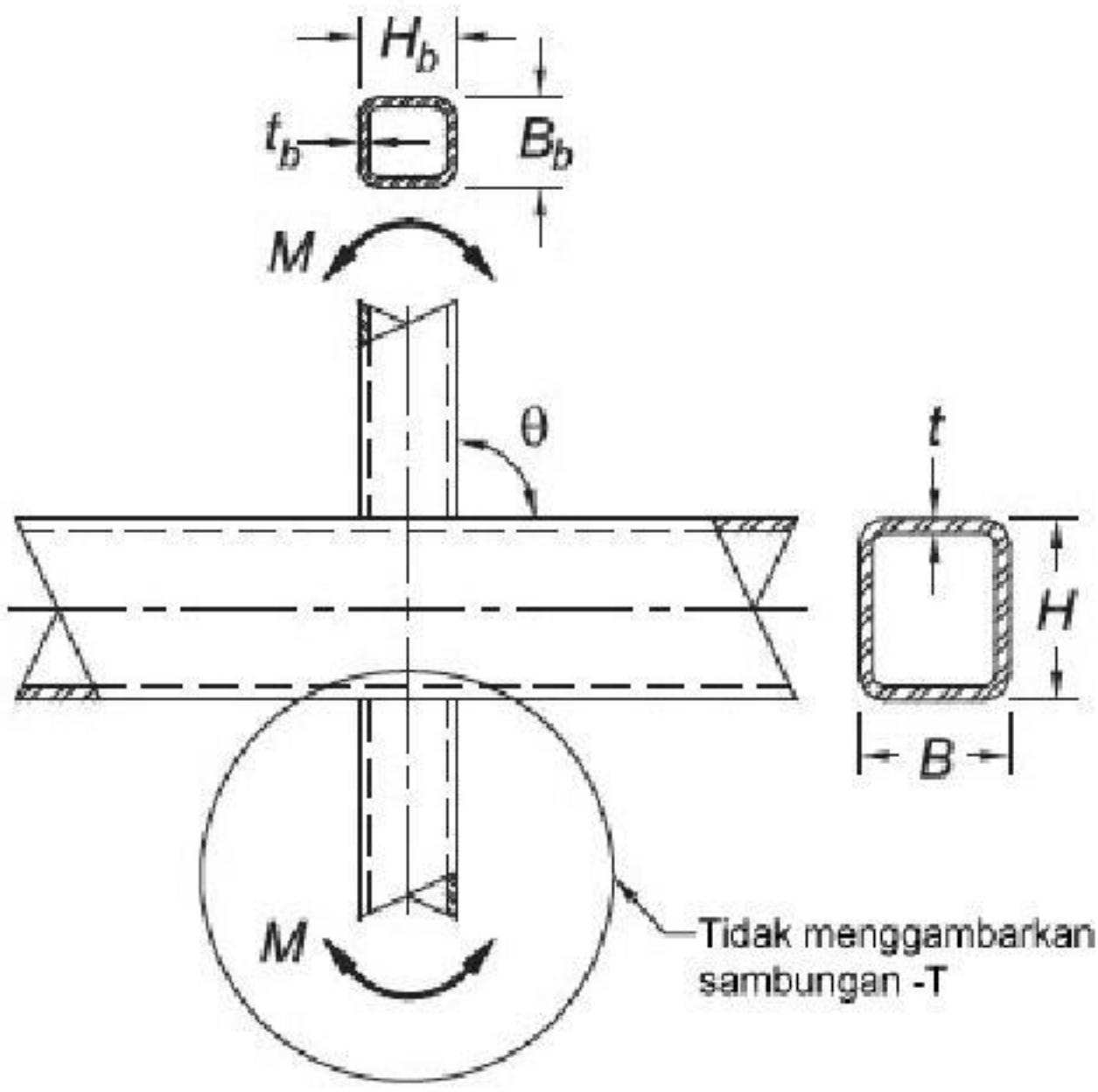
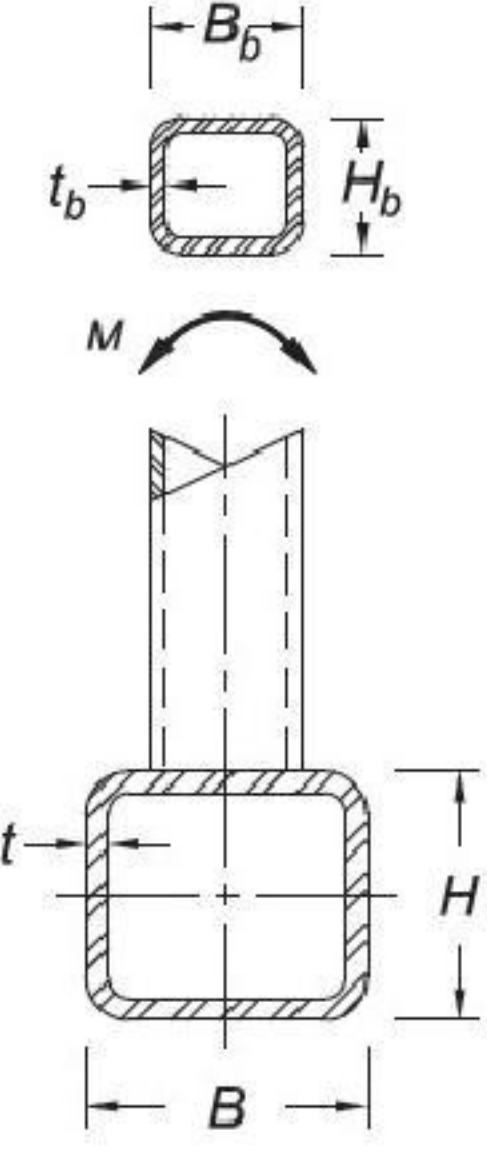
TABEL K3.1 (lanjutan) – Kekuatan Tersedia Sambungan Momen PSB-ke-PSB Bulat

FUNGSI	
$Q_f = 1$ untuk kord (permukaan penyambung) dalam tarik $= Q_f = 1,0 - 0,3U(1+U)$ untuk PSB (permukaan penyambung) dalam tekan (K1-5)	
$U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $	
<p>dimana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi dari joint yang memiliki tegangan tekan lebih rendah. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan pada PSB. $P_{ro} = P_u$ untuk DFBK; P_a untuk DKI. $M_{ro} = M_u$ untuk DFBK; M_a untuk DKI</p>	(K1-6)

TABEL K3.1A – Batas Aplikasi yang Berlaku dari Tabel K3.1

Sudut cabang:	θ	$\geq 30^\circ$
Kelangsingan dinding kord:	D/t	≤ 50 untuk sambungan-T, dan sambungan-Y
	D/t	≤ 40 untuk sambungan-silang
Kelangsingan dinding cabang:	D_b/t_b	≤ 50
	D_b/t_b	$\leq 0,05 E / F_{yb}$
Rasio lebar:	0,2	$< D_b/D \leq 1,0$
Kekuatan material:	F_y dan F_{yb}	≤ 52 ksi (360 MPa)
Daktalitas:	F_y/F_u dan F_{yb}/F_{ub}	$\leq 0,80$ Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan.

TABEL K3.2 – Kekuatan Tersedia Sambungan Momen PSB-ke-PSB Persegi

Tipe Sambungan	Kekuatan Lentur Tersedia Sambungan
<p>Cabang di bawah Lentur Sebidang Sambungan-T, dan Sambungan-Silang</p>  <p>Tidak menggambarkan sambungan -T</p>	<p>Keadaan Batas: Plastisifikasi Dinding Kord, Bila $\beta \leq 0,85$</p> $M_n = F_y t^2 H_b \left[\frac{1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)} \right] Q_f \quad (K3-6)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal Dinding-Sisi, Bila $\beta > 0,85$</p> $M_n = 0,5 F_y^* t (H_b + 5t)^2 \quad (K3-7)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal Cabang/Cabang-Cabang Akibat Distribusi Beban Tak Sama, Bila $\beta > 0,85$</p> $M_n = F_{yb} \left[Z_b - \left(1 - \frac{b_{eoi}}{B_b} \right) B_b H_b t_b \right] \quad (K3-8)$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p>
<p>Cabang di bawah Lentur Keluar-Bidang Sambungan -T, Sambungan-Silang</p> 	<p>Keadaan Batas: Plastisifikasi Dinding Kord, Bila $\beta \leq 0,85$</p> $M_n = F_y t^2 \left[\frac{0,5 H_b (1+\beta)}{(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2 B B_b (1+\beta)}{(1-\beta)}} \right] Q_f \quad (K3-9)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal Dinding-Sisi, Bila $\beta > 0,85$</p> $M_n = F_y^* t (B - t) (H_b + 5t) \quad (K3-10)$ <p>$\phi = 1,00$ (DFBK) $\Omega = 1,50$ (DKI)</p>
	<p>Keadaan Batas: Leleh Lokal Cabang/Cabang-Cabang Akibat Distribusi Beban Tak Sama, Bila $\beta > 0,85$</p> $M_n = F_{yb} \left[Z_b - 0,5 \left(1 - \frac{b_{eoi}}{B_b} \right) B_b^2 t_b \right] \quad (K3-11)$ <p>$\phi = 0,95$ (DFBK) $\Omega = 1,58$ (DKI)</p>

TABEL K3.2 – (Lanjutan)

Tipe Sambungan	Kekuatan Lentur Tersedia Sambungan
Cabang di bawah Lentur Keluar-Bidang Sambungan-T, Sambungan-Silang (lanjutan)	Keadaan Batas: Kegagalan Distorsi Kord, untuk Sambungan-T dan Sambungan-Silang Tak- Seimbang $M_n = 2F_y t \left[H_b t + \sqrt{BHt(B+H)} \right] \quad (K3-12)$ $\phi = 1,00 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,50 \text{ (DKI)}$
Untuk sambungan-T dan sambungan-silang, dengan cabang (cabang-cabang) akibat kombinasi beban aksial, lentur sebidang dan lentur keluar-bidang, atau setiap kombinasi dari efek-efek beban ini: $\frac{P_r}{P_c} + \left(\frac{M_{r-ip}}{M_{c-ip}} \right) + \left(\frac{M_{r-op}}{M_{c-op}} \right) \leq 1,0 \quad (K-13)$ $M_{c-ip} = \phi M_n = \text{kekuatan lentur desain untuk lentur sebidang gambar dari Tabel 3.2, kip-in. (N-mm)}$ $= M_n / \Omega = \text{kekuatan lentur izin untuk lentur sebidang gambar dari Tabel 3.2, kip-in. (N-mm)}$ $M_{c-op} = \phi M_n = \text{kekuatan lentur desain untuk lentur keluar-bidang gambar dari Tabel 3.2, kip-in. (N-mm)}$ $= M_n / \Omega = \text{kekuatan lentur izin untuk lentur keluar bidang gambar dari Tabel 3.2, kip-in. (N-mm)}$ $M_{r-ip} = \text{kekuatan lentur perlu untuk lentur sebidang gambar, menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kip-in (N-mm)}$ $M_{r-op} = \text{kekuatan lentur perlu untuk lentur keluar-bidang gambar, menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kip-in (N-mm)}$ $P_c = \phi P_n = \text{kekuatan aksial desain dari Tabel K2.2, kips (N)}$ $= P_n / \Omega = \text{kekuatan aksial yang diizinkan dari Tabel K2.2, kips (N)}$ $P_r = \text{kekuatan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, kips (N)}$	
FUNGSI	
$Q_f = 1$ untuk kord (permukaan penyambung) dalam tarik (K1-15)	
$= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta} \leq 1,0$ untuk PSB (permukaan penyambung) dalam tekan (K1-16)	
$U = \left \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $	
dimana P_{ro} dan M_{ro} ditentukan pada sisi dari joint yang memiliki tegangan tekan lebih rendah. P_{ro} dan M_{ro} mengacu pada kekuatan yang diperlukan pada PSB. $P_{ro} = P_u$ untuk DFBK; P_a untuk DKI. $M_{ro} = M_u$ untuk DFBK; M_a untuk DKI. (K1-6)	
$F_y^* = F_y$ untuk sambungan-T dan $= 0,8F_y$ untuk sambungan-silang	
$b_{eoi} = \frac{10}{B/t} \left(\frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (K2-13)$	

TABEL K3.2A – Batas Aplikasi yang Berlaku dari Tabel K3.2

Sudut cabang:	θ	$\cong 90^\circ$
Kelangsingan dinding kord:	B/t dan H/t	≤ 35
Kelangsingan dinding cabang:	B_b/t_b dan H_b/t_b	≤ 35
		$\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$
Rasio lebar:	B_b/B	$\geq 0,25$
Rasio aspek:	0,5	$\leq H_b/B_b \leq 2,0$ dan $0,5 \leq H/B \leq 2,0$
Kekuatan material:	F_y dan F_{yb}	$\leq 52 \text{ ksi (360 MPa)}$
Daktalitas:	F_y/F_u dan F_{yb}/F_{ub}	$\leq 0,8$ Catatan: ASTM A500 Kelas C bisa digunakan.

Kekuatan tersedia sambungan cabang harus ditentukan untuk keadaan batas nonketidakseragaman transfer beban sepanjang garis las, akibat perbedaan dalam kekakuan relatif dinding-dinding PSB pada sambungan-sambungan PSB-ke-PSB dan antara elemen-elemen pada pelat transversal-ke-sambungan PSB, sebagai berikut:

$$R_n \text{ atau } P_n = F_{nw} t_w \ell_e \quad (\text{K4-1})$$

$$M_{n-ip} = F_{nw} S_{ip} \quad (\text{K4-2})$$

$$M_{n-op} = F_{nw} S_{op} \quad (\text{K4-3})$$

Untuk interaksi, lihat Persamaan K3-13.

(a) Untuk las sudut

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 2,00 \text{ (DKI)}$$

(b) Untuk las tumpul penetrasi-joint-sebagian

$$\phi = 0,80 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,88 \text{ (DKI)}$$

keterangan

F_{nw} = tegangan nominal logam las (Bab J) dengan tanpa meningkatkan kekuatan akibat directionality beban, ksi (MPa)

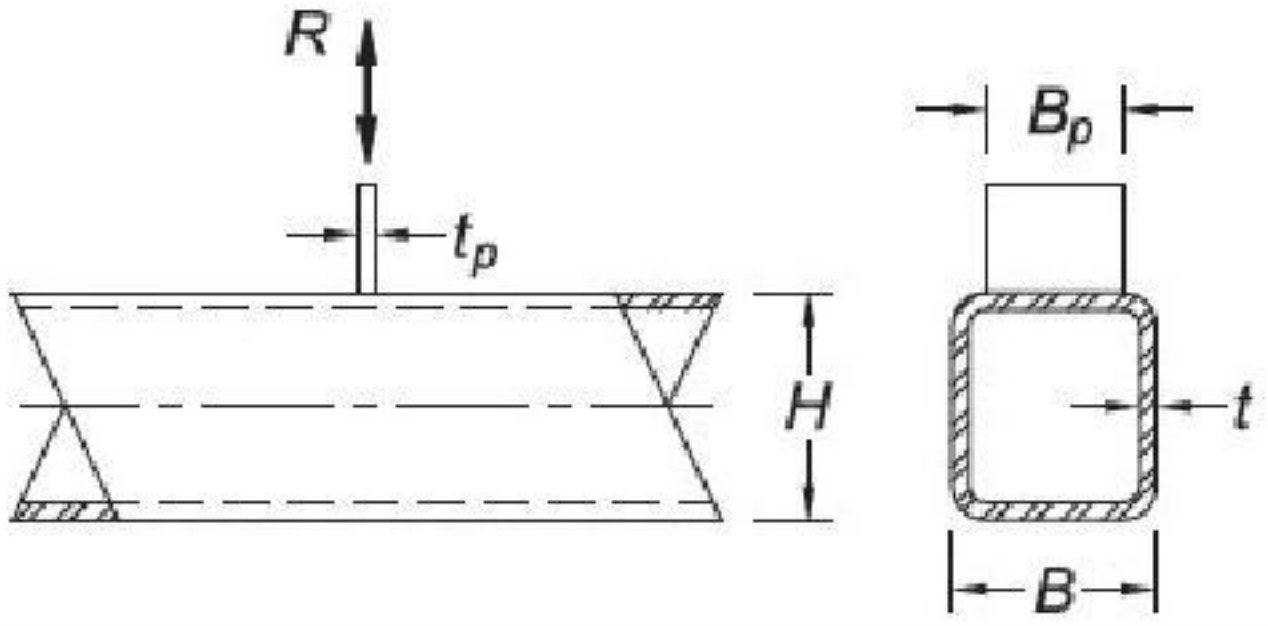
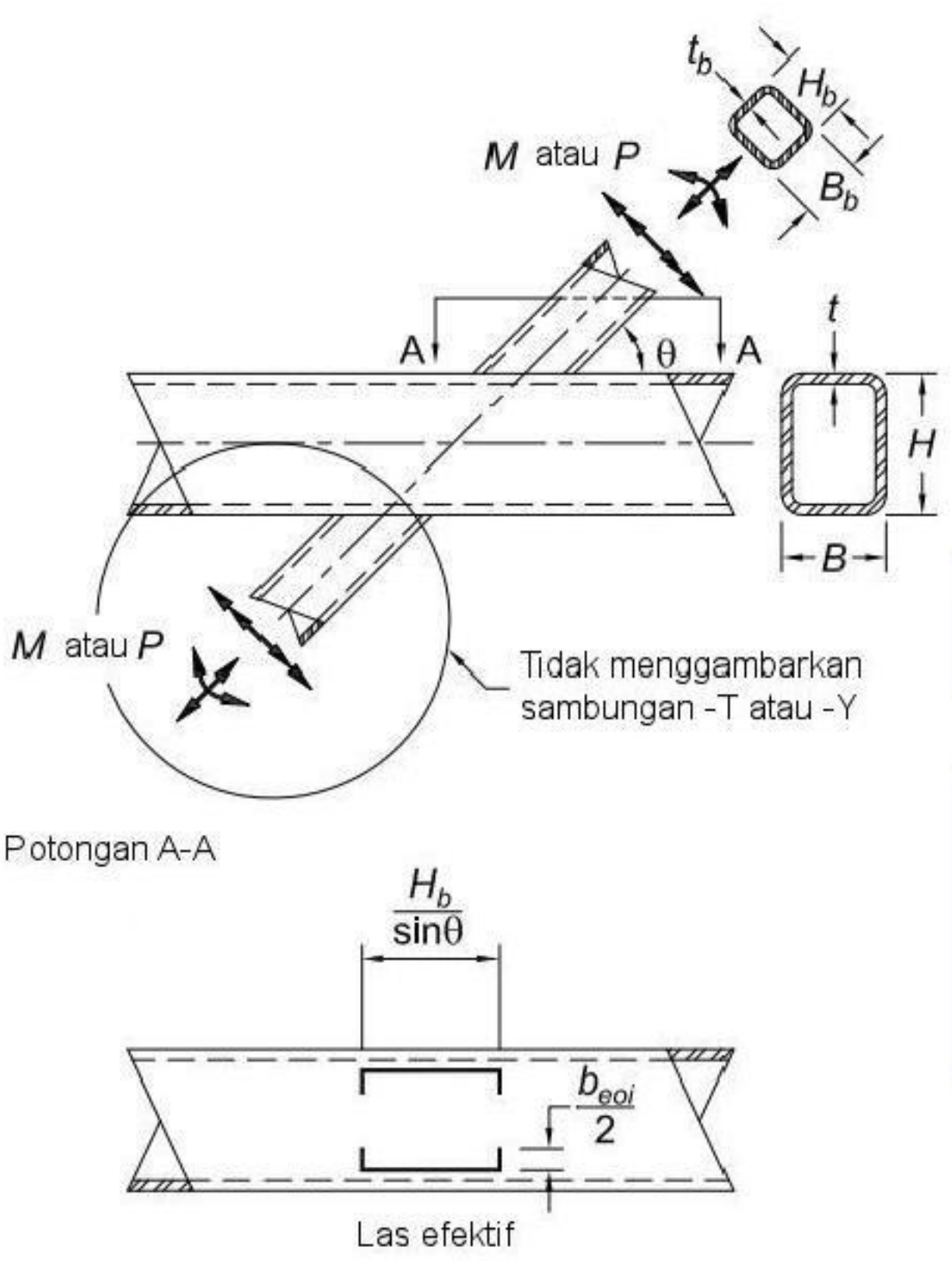
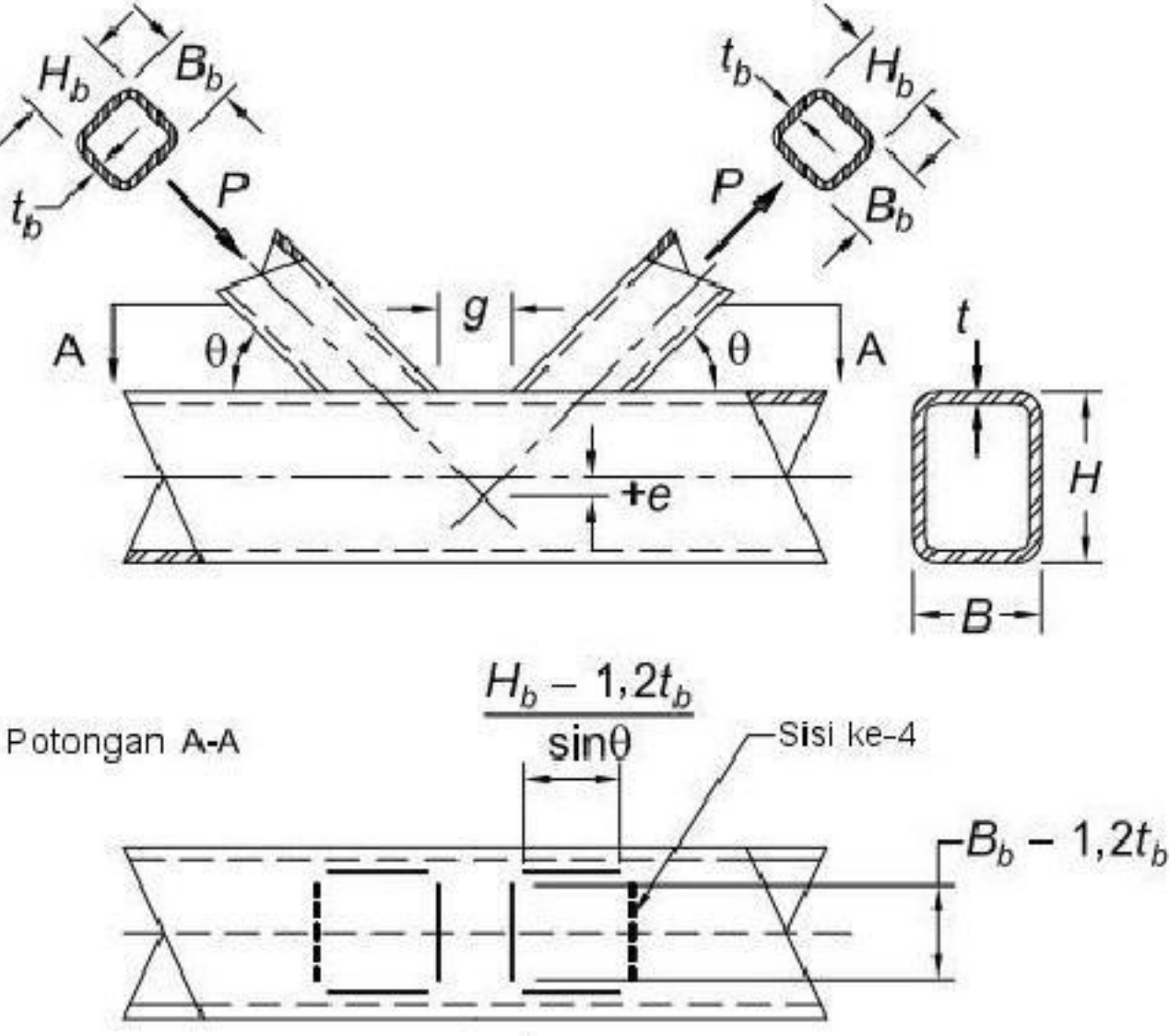
S_{ip} = modulus penampang elastis efektif dari las untuk lentur dalam-bidang gambar (Tabel K4.1), in.³ (mm³)

S_{op} = modulus penampang elastis efektif dari las untuk lentur keluar-bidang gambar (Tabel K4.1), in.³ (mm³)

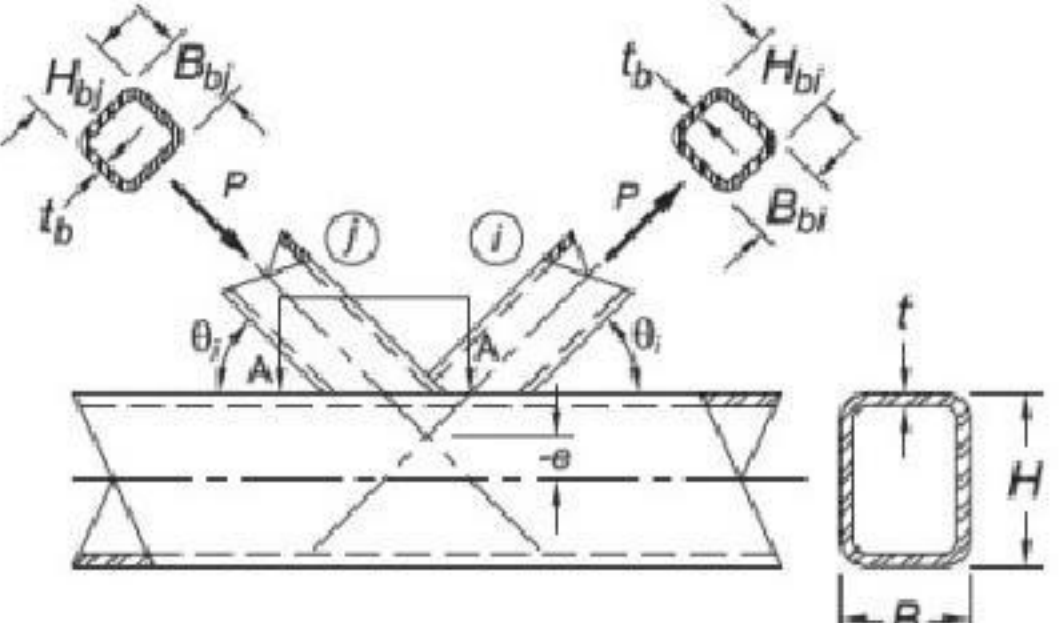
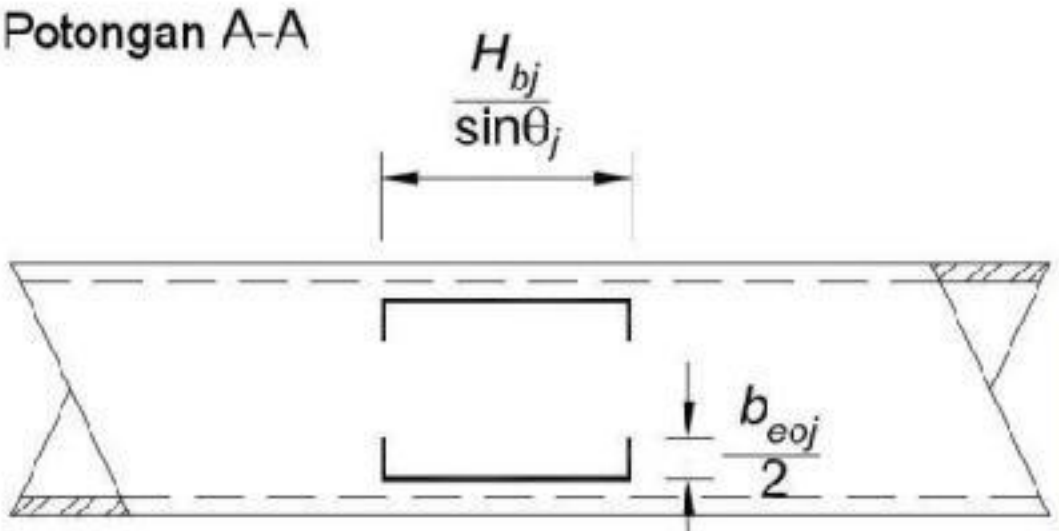
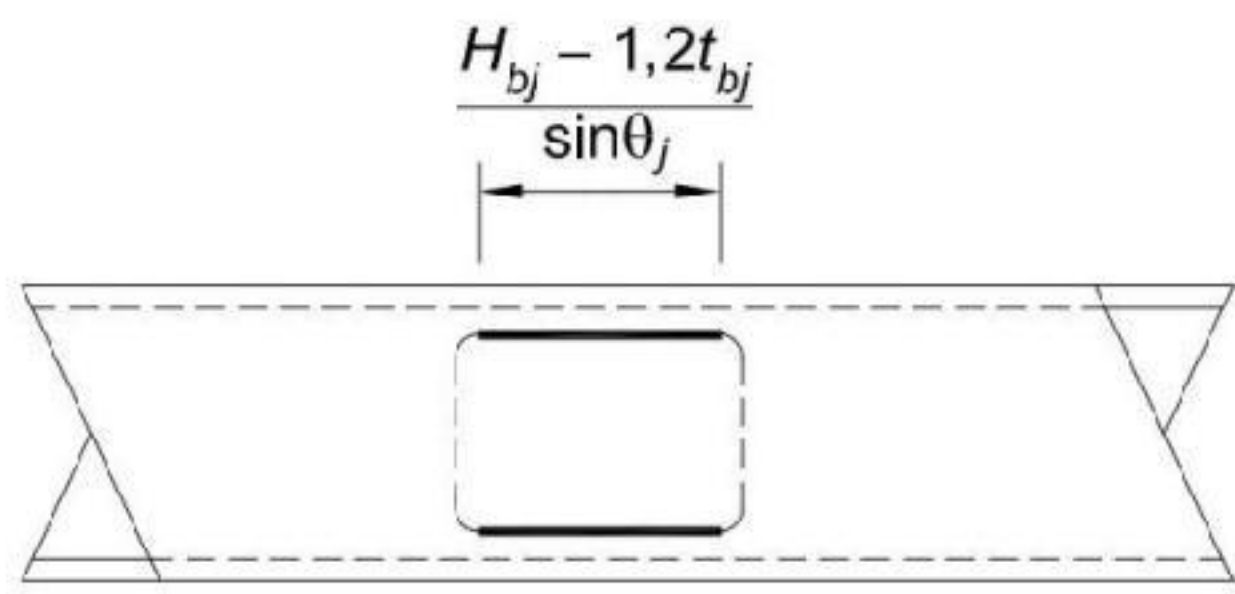
ℓ_e = panjang las efektif total dari las tumpul dan sudut pada PSB persegi untuk perhitungan kekuatan las, in. (mm)

t_w = throat las efektif terkecil sekeliling perimeter cabang atau pelat, in. (mm)

TABEL K4.1 – Properti Las Efektif untuk Sambungan-Sambungan pada PSB Persegi

Tipe Sambungan	Kekuatan Las Sambungan
<p>Sambungan-T Pelat Transversal dan Sambungan-Silang Di bawah Beban Aksial Pelat</p> 	<p>Propertis Las Efektif</p> $\ell_e = 2 \left(\frac{10}{B/t} \right) \left(\frac{F_y t}{F_{yp} t_p} \right) B_p \leq 2B_p \quad (K4-4)$ <p>dimana ℓ_e = panjang las efektif total untuk las-las pada kedua sisi-sisi dari pelat transversal</p>
<p>Sambungan-T, -Y dan –Silang Di bawah Beban Aksial Cabang atau Lentur</p>  <p>Potongan A-A</p> <p>Las efektif</p>	<p>Propertis Las Efektif</p> $\ell_e = \frac{H_b}{\sin \theta} + 2b_{eoi} \quad (K4-5)$ $S_{ip} = \frac{t_w}{3} \left(\frac{H_b}{\sin \theta} \right) + t_w b_{eoi} \left(\frac{H_b}{\sin \theta} \right) \quad (K4-6)$ $S_{op} = t_w \left(\frac{H_b}{\sin \theta} \right) B_b + \frac{t_w}{3} (B_b^2) - \frac{(t_w/3)(B_b - b_{eoi})}{B_b} \quad (K4-7)$ $b_{eoi} = \frac{10}{B/t} \left(\frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (K2-13)$ <p>Bila $\beta > 0,85$ atau $\theta > 50^\circ$, $b_{eoi}/2$ tidak boleh melebihi $2t$.</p>
<p>Sambungan-K bercelah Di bawah Beban Aksial Cabang</p>  <p>Potongan A-A</p> <p>Las efektif : $\theta \geq 60^\circ$ Sisi ke 4 efektif bila $\theta \leq 50^\circ$</p>	<p>Propertis Las Efektif</p> <p>Bila $\theta \leq 50^\circ$:</p> $\ell_e = \frac{2(H_b - 1,2t_b)}{\sin \theta} + 2(B_b - 1,2t_b) \quad (K4-8)$ <p>Bila $\theta \geq 60^\circ$:</p> $\ell_e = \frac{2(H_b - 1,2t_b)}{\sin \theta} + (B_b - 1,2t_b) \quad (K4-9)$ <p>Bila $50^\circ < \theta < 60^\circ$, interpolasi linier harus digunakan untuk menentukan ℓ_e.</p>

TABEL K4.1 – (lanjutan)

Tipe Sambungan	Kekuatan Las Sambungan
<p>Overlap Sambungan K di bawah Beban Aksial Cabang</p>  <p>Catatan bahwa panah gaya memperlihatkan sambungan-K overlap dapat terbalik; Identifikasi komponen struktur pengontrol <i>i</i> dan <i>j</i></p> <p>Potongan A - A</p> <p>Potongan A-A</p>  <p>Las efektif: Pers. K4-13</p> <p>Bila $\frac{B_{bj}}{B} \leq 0,85$ dan $\theta_j \leq 50^\circ$</p>  <p>Las efektif:</p> <p>Bila $\frac{B_{bj}}{B} > 0,85$ atau $\theta_j > 50^\circ$</p>	<p>Properti Las Efektif Komponen Struktur Overlapping (semua dimensi adalah untuk cabang overlapping, <i>i</i>)</p> <p>Bila $25\% \leq O_V < 50\%$:</p> $l_{e,i} = \frac{2O_V}{50} \left[\left(1 - \frac{O_V}{100} \right) \frac{H_{bi}}{\sin \theta_j} + \frac{O_V}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_j + \theta_j)} \right) \right] + b_{eoi} + b_{eov} \quad (K4-10)$ <p>Bila $50\% \leq O_V < 80\%$:</p> $l_{e,i} = 2 \left[\left(1 - \frac{O_V}{100} \right) \frac{H_{bi}}{\sin \theta_j} + \frac{O_V}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_j + \theta_j)} \right) \right] + b_{eoi} + b_{eov} \quad (K4-11)$ <p>Bila $80\% \leq O_V \leq 100\%$:</p> $l_{e,i} = 2 \left[\left(1 - \frac{O_V}{100} \right) \frac{H_{bi}}{\sin \theta_j} + \frac{O_V}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_j + \theta_j)} \right) \right] + b_{bi} + b_{eov} \quad (K4-12)$ $b_{eoi} = \frac{10}{B} \left(\frac{F_y t}{F_{ybi} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-20)$ $b_{eov} = \frac{10}{B_{bj} t_{bj}} \left(\frac{F_{ybj} t_{bj}}{F_{ybi} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-21)$ <p>Bila $B_{bi}/B > 0,85$ atau $\theta_j > 50^\circ$, $b_{eoi}/2$ tidak boleh melebihi $2t$ dan bila $B_{bi}/B_{bj} > 0,85$ atau $(180 - \theta_i - \theta_j) > 50^\circ$, $b_{eov}/2$ tidak boleh melebihi $2t_{bj}$</p> <p>Indeks <i>i</i> mengacu ke cabang overlapping Indeks <i>j</i> mengacu ke cabang overlapping</p> $l_{e,j} = \frac{2H_{bj}}{\sin \theta_j} + 2b_{eoj} \quad (K4-13)$ $b_{eoj} = \frac{10}{B} \left(\frac{F_y t}{F_{ybj} t_{bj}} \right) B_{bj} \leq B_{bj} \quad (K4-13)$ <p>Bila $B_{bj}/B > 0,85$ atau $\theta_j > 50^\circ$, $l_{e,j} = 2(H_{bj} - 1,2t_{bj})/\sin \theta_j$</p>

Bila suatu sambungan-K overlapped telah dirancang sesuai dengan Tabel K2.2 dari bab ini, dan gaya-gaya komponen *komponen struktur cabang* tegak lurus kord adalah diseimbangkan 80 % (yaitu, gaya-gaya komponen struktur cabang tegak lurus muka kord berbeda dengan tidak lebih dari 20 %), las yang tersembunyi di bawah suatu cabang yang meng-overlap dapat diabaikan jika las yang tersisa pada cabang yang dioverlap dimana saja mengembangkan kapasitas penuh dari dinding-dinding komponen struktur cabang yang dioverlap.

Pemeriksaan las pada Tabel K4.1 tidak diperlukan jika las-las mampu mengembangkan kekuatan penuh dinding komponen struktur cabang sepanjang perimeter keseluruhannya (atau suatu pelat sepanjang panjang keseluruhannya).

Catatan: Pendekatan yang digunakan di sini mengizinkan pengecilan ukuran las mengasumsikan suatu ukuran las yang konstan sekeliling seluruh perimeter cabang PSB. Perhatian khusus yang diperlukan untuk sambungan lebar yang sama (atau lebar mendekati-sama) yang mana kombinasi las-las tumpul penetrasi joint lengkap sepanjang tepi-tepi sambungan disesuaikan, dengan las-las sudut yang umumnya bersilangan muka *komponen struktur utama*.



BAB L DESAIN UNTUK KEMAMPUAN LAYAN

Bab ini membahas persyaratan desain kemampuan layan.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- L1. Ketentuan Umum
- L2. *Camber*
- L3. Defleksi
- L4. Simpangan
- L5. Vibrasi
- L6. Gerakan Induksi-Angin
- L7. Pemuaian dan Kontraksi
- L8. Slip Sambungan

L1. KETENTUAN UMUM

Kondisi layan adalah suatu keadaan dimana fungsi dari suatu bangunan gedung, penampilannya, kemudahan perawatan, keawetan dan kenyamanan penghuninya dilindungi untuk pemakaian normal. Nilai-nilai pembatasan perilaku struktur untuk kondisi layan (misalnya defleksi dan percepatan maksimum) harus dipilih berkenaan dengan fungsi yang dimaksud dari struktur tersebut. Kondisi layan harus dievaluasi menggunakan *kombinasi beban* yang sesuai untuk *keadaan batas kemampuan layan* yang diidentifikasi.

Catatan: Keadaan batas kondisi layan, *beban-beban layan*, dan *kombinasi-kombinasi beban* yang sesuai untuk persyaratan *kemampuan layan* dapat dilihat pada ASCE/SEI 7, Lampiran C dan Penjelasan pada Lampiran C. Persyaratan kinerja untuk kemampuan layan pada bab ini adalah konsisten dengan persyaratan-persyaratan ini. Beban-beban layan, seperti ditetapkan di sini, adalah yang bekerja pada struktur di suatu titik arbitrari dalam waktu dan yang bukan umumnya sebagai *beban nominal*.

L2. CAMBER

Bila *camber* digunakan untuk mencapai posisi dan lokasi yang tepat dari struktur, besar, arah dan lokasi *camber* harus disyaratkan dalam gambar struktur.

L3. DEFLEKSI

Defleksi pada komponen struktur dan *sistem struktur* akibat *kombinasi beban layan* yang berlaku tidak boleh melemahkan *kemampuan layan* struktur.

Catatan: Kondisi-kondisi yang dipertimbangkan mencakup kerataan lantai, kelurusan komponen struktur, integritas penyelesaian akhir bangunan gedung, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemakaian normal dan fungsi struktur. Untuk komponen struktur *komposit*, defleksi tambahan akibat susut dan rangkai beton harus diperhitungkan.

L4. SIMPANGAN

Simpangan struktur harus dievaluasi akibat *beban layan* untuk memberi *kemampuan layan* struktur, termasuk integritas partisi interior dan *kulit bangunan gedung* eksterior.

Simpangan akibat *kombinasi beban* kekuatan tidak boleh menyebabkan bertumbukan dengan struktur yang berdekatan atau melebihi nilai-nilai batas simpangan-simpangan yang disyaratkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

L5. VIBRASI

Efek vibrasi terhadap kenyamanan penghuni dan fungsi struktur harus diperhitungkan. Sumber vibrasi yang diperhitungkan harus meliputi beban pejalan kaki, vibrasi mesin dan lainnya yang diidentifikasi mempunyai efek terhadap struktur.

L6. GERAKAN INDUKSI-ANGIN

Efek gerakan induksi-angin untuk kenyamanan penghuni bangunan gedung harus diperhitungkan.

L7. PEMUAIAN DAN KONTRAKSI

Efek pemuaian termal dan kontraksi bangunan gedung harus diperhitungkan. Kerusakan pada kulit bangunan gedung dapat menyebabkan penetrasi air dan bisa menyebabkan korosi.

L8. SLIP SAMBUNGAN

Efek *slip sambungan* harus diperhitungkan dalam desain dimana slip pada sambungan baut dapat menyebabkan deformasi yang melemahkan *kemampuan layan* struktur. Bila sesuai, sambungan harus dirancang untuk mencegah slip.

Catatan: Untuk desain dari *sambungan-sambungan slip-kritis*, lihat Pasal J3.8 dan J3.9. Untuk informasi tambahan terhadap slip, lihat RCSC *Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts*.

BAB M PABRIKASI DAN EREKSI

Bab ini membahas persyaratan untuk gambar kerja, fabrikasi, bengkel pengecatan, dan ereksi.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- M1. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi
- M2. Fabrikasi
- M3. Pengecatan di Bengkel
- M4. Ereksi

M1. GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI

Gambar kerja dan gambar ereksi diperkenankan dipersiapkan dalam bertahap. Gambar kerja harus dipersiapkan sebelum fabrikasi dan akan memberi informasi lengkap yang diperlukan untuk fabrikasi bagian-bagian komponen struktur, termasuk lokasi, tipe dan ukuran las dan baut. Gambar ereksi harus dipersiapkan sebelum pelaksanaan ereksi dan akan memberi informasi yang diperlukan untuk ereksi struktur. Gambar kerja dan gambar ereksi harus secara jelas membedakan antara las atau baut lapangan dan las atau baut di bengkel kerja dan harus secara jelas mengidentifikasi *sambungan* baut kekuatan-tinggi pratarik dan slip-kritis. Gambar kerja dan gambar ereksi harus dibuat sesuai dengan kecepatan dan ekonomi dalam fabrikasi dan ereksi.

M2. FABRIKASI

1. *Camber*, Pelengkungan dan Pelurusan

Aplikasi pemanasan lokal atau mekanikal boleh digunakan untuk mengoreksi *camber*, lengkungan dan kelurusan. Temperatur daerah yang dipanasi tidak boleh melebihi 1 100 °F (593 °C) untuk baja ASTM A514/A514M dan ASTM A852/A852M ataupun 1 200 °F (649 °C) untuk baja-baja lainnya.

2. Pemotongan Termal

Tepi-tepi yang dipotong secara termal harus memenuhi persyaratan AWS D1.1/D1.1M, subpasal 5.15.1.2, 5.15.4.3 dan 5.15.4.4 dengan pengecualian bahwa tepi-tepi bebas yang dipotong secara termal tidak menahan *fatik* harus bebas dari *round-bottom gouges* lebih besar dari 3/16 in. (5 mm) dan takik tajam bentuk V. *Gouges* lebih dalam dari 3/16 in. (5 mm) dan takik-takik harus dihilangkan dengan penggerindaan atau diperbaiki dengan pengelasan.

Sudut-sudut *reentrant* harus dibentuk dengan suatu transisi yang dilengkungkan. Jari-jari tidak perlu melebihi yang diperlukan untuk mengepas sambungan. Permukaan yang dihasilkan dari dua pemotongan lempengan lurus yang bertemu di suatu titik tidak perlu dilengkungkan. Sudut-sudut yang tidak menerus diizinkan bila material di kedua sisi dari sudut reentrant tidak menerus disambungkan ke suatu potongan dasar untuk mencegah deformasi dan konsentrasi *tegangan* di sudut.

Catatan: Sudut reentrant dengan jari-jari ½ in. sampai 3/8 in. (13 mm sampai 10 mm) berlaku untuk pekerjaan yang *dibebani secara statis*. Bila diperlukan potongan-potongan untuk diikat

bersama-sama secara rapat, sudut reentrant yang tidak menerus dapat diterima jika potongan-potongan disambungkan sedekat mungkin ke sudut pada kedua sisi dari sudut yang tidak menerus. Slot pada *PSB* untuk buhul dapat dibuat dengan ujung-ujungnya semi-lingkaran atau dengan sudut-sudut yang dilengkungkan. Ujung-ujung persegi bisa diterima asalkan tepi dari buhul di las ke *PSB*.

Lubang-lubang akses las harus memenuhi persyaratan geometris Pasal J1.6. *coakan balok* dan lubang akses las dalam keadaan digalvanisasi harus dibumikan pada logam yang bersih. Untuk profil dengan ketebalan sayap tidak melebihi 2 in. (50 mm), kekasaran permukaan coakan yang dipotong secara termal harus tidak lebih besar dari nilai kekasaran permukaan sebesar 2 000 μ in. (50 μ m) seperti didefinisikan dalam ASME B46.1. Untuk coakan balok dan lubang akses las dimana bagian lubang las dilengkungkan, dipotong secara termal pada ASTM A6/A6M profil panas dengan ketebalan sayap melebihi 2 in. (50 mm) dan *profil tersusun* di las dengan ketebalan material lebih besar dari 2 in. (50 mm), temperatur pra-pemanasan tidak boleh kurang dari 150 °F (66 °C) harus digunakan sebelum pemotongan secara termal. Permukaan yang dipotong secara termal dari lubang akses dengan ketebalan sayap melebihi 2 in. (50 mm) dan profil tersusun dengan ketebalan material lebih besar dari 2 in. (50 mm) harus diletakkan di atas tanah.

Catatan: The AWS Surface Roughness Guide for Oxygen Cutting (AWS C4.1-77) sampel 2 dapat digunakan sebagai suatu panduan untuk mengevaluasi kekasaran permukaan coakan dalam profil dengan sayap yang tebalnya tidak melebihi 2 in. (50 mm)

3. Perencanaan Tepi

Perencanaan atau finishing dari semua tepi pelat atau profil yang digesek (*sheared*) atau yang *dipotong secara termal* tidak diperlukan kecuali secara khusus disebut dalam *dokumen pelaksanaan* atau termasuk dalam suatu persiapan tepi yang ditetapkan untuk pengelasan.

4. Pelaksanaan Las

Teknik pengelasan, kecakapan kerja, penampilan, dan kualitas las, dan metode yang digunakan dalam mengoreksi pekerjaan yang tidak sesuai harus menurut AWS D1.1/D1.1M kecuali seperti dimodifikasi dalam Pasal J2.

5. Pelaksanaan Baut

Bagian komponen struktur yang dibaut harus dikeling atau diberi baut dan disatukan secara kaku selama perakitan. Penggunaan *drift pin* dalam lubang-lubang baut selama perakitan tidak boleh merubah bentuk logam atau memperluas lubang-lubang. Penyesuaian lubang-lubang yang kurang baik harus ditolak.

Lubang-lubang baut harus memenuhi ketentuan RCSC *Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts*, selanjutnya diacu ke RCSC *Specification*, Pasal 3.3 kecuali bahwa lubang-lubang yang *dipotong secara termal* diperbolehkan memiliki profil kekasaran permukaan tidak melebihi 1 000 μ in. (25 μ m) seperti didefinisikan dalam ASME B46.1. *Cukilan-cukilan* tidak boleh melebihi kedalaman 1/16 in. (2 mm). Lubang-lubang yang dipotong dengan *air jet* juga diizinkan.

Catatan: The AWS Surface Roughness Guide for Oxygen Cutting (AWS C4.1-77) 3 sampel boleh digunakan sebagai suatu panduan untuk mengevaluasi kekasaran permukaan dari lubang-lubang yang dipotong secara termal.

Finger shims yang disisipkan secara penuh, dengan ketebalan total tidak lebih dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) pada suatu *joint*, diizinkan tanpa merubah kekuatan (berdasarkan tipe lubang) untuk desain *sambungan-sambungan*. Orientasi ganjal tersebut independen dari arah aplikasi beban.

Penggunaan baut kekuatan tinggi harus sesuai dengan persyaratan RCSC *Specification*, kecuali seperti dimodifikasi dalam Pasal J3.

6. Joint Tekan

Joint tekan yang tergantung pada *tumpuan* kontak sebagai bagian dari kekuatan *splice* harus memiliki permukaan tumpuan dari potongan-potongan individu yang difabrikasi yang dipersiapkan dengan penggilingan, pergergajian atau cara sesuai lainnya.

7. Toleransi Dimensi

Toleransi dimensi harus menurut BAB 6 AISC *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*, selanjutnya diacu ke the *Code of Standard Practice*.

8. Finish dari Dasar Kolom

Dasar-dasar *kolom* dan pelat dasar harus di finish menurut persyaratan yang berikut:

- (1) Pelat-pelat penumpu baja dengan ketebalan 2 in. (50 mm) atau kurang diizinkan tanpa penggilingan asalkan diperoleh tumpuan kontak yang memuaskan. Ketebalan pelat penumpu baja boleh lebih dari 2 in. (50 mm) tetapi tidak lebih dari 4 in. (100 mm) diperkenankan diluruskan dengan penekanan atau, jika penekanan tidak tersedia, boleh menggunakan penggilingan untuk permukaan penumpu, kecuali seperti tercantum dalam pasal ini di subparagraf 2 dan 3, untuk memperoleh penumpu kontak yang memuaskan. Ketebalan pelat penumpu baja di atas 4 in. (100 mm) harus digiling untuk permukaan tumpuan, kecuali seperti tercantum dalam pasal ini di subparagraf 2 dan 3.
- (2) Permukaan bawah pelat penumpu dan dasar-dasar kolom yang digROUT untuk memastikan kontak penumpu penuh pada pondasi tidak perlu digiling.
- (3) Permukaan atas pelat penumpu tidak perlu digiling bila *las-las tumpul penetrasi joint lengkap* disediakan antara kolom dan pelat penumpu.

9. Lubang untuk Batang Angkur

Lubang untuk batang angkur diizinkan *dipotong secara termal* sesuai dengan ketentuan Pasal M2.2.

10. Lubang Saluran

Bila air dapat mengumpul di dalam komponen struktur *PSB* atau boks, baik selama pelaksanaan atau selama layan, komponen struktur tersebut harus disegel, dengan menyediakan lubang saluran di dasar, atau dilindungi dengan cara lain yang sesuai.

11. Persyaratan untuk Komponen Struktur yang Digalvanis

Komponen struktur dan bagian-bagian yang digalvanis harus dirancang, didetail dan difabrikasi dengan menyediakan aliran dan drainase dari cairan pengawet dan cairan seng serta mencegah penumpukan tekanan di bagian-bagian yang tertutup.

Catatan: Lihat *The Design of Products to be Hot-Dip Galvanized After Fabrication*, American Galvanizer's Association, dan ASTM A123, A153, A384 dan A780 untuk informasi yang bermanfaat pada desain dan pendetailan komponen struktur yang digalvanis. Lihat Pasal M2.2 untuk persyaratan *cope komponen struktur* yang digalvanis.

M3. PENGECATAN DI BENGKEL

1. Persyaratan Umum

Pengecatan dan persiapan permukaan harus sesuai dengan ketentuan Bab 6 *Code of Standard Practice*.

Pengecatan tidak diperlukan kecuali disyaratkan dalam dokumen kontrak.

2. Permukaan yang Tidak Dapat Diakses

Kecuali untuk permukaan kontak, permukaan yang tidak dapat diakses setelah perakitan harus dibersihkan dan dicat sebelum dirakit, jika diminta dalam *dokumen pelaksanaan*.

3. Permukaan Kontak

Pengecatan diizinkan pada *sambungan tipe tumpu*. Untuk *sambungan slip-kritis*, persyaratan *permukaan lekatan* harus sesuai dengan RCSC *Specification*, Pasal 3.2.2(b).

4. Permukaan Jadi

Permukaan yang difinish dengan mesin harus dilindungi terhadap korosi dengan pelapisan tahan karat yang dapat dihilangkan sebelum ereksi, atau pelapisan yang memiliki karakteristik tidak memerlukan penghapusan sebelum ereksi.

5. Permukaan yang Berdekatan dengan Las Lapangan

Kecuali disyaratkan lain dalam dokumen desain, permukaan di dalam 2 in. (50 mm) dari setiap lokasi las lapangan harus bebas dari material yang akan mencegah pengelasan yang tepat atau menghasilkan bau yang tajam yang tidak menyenangkan selama pengelasan.

M4. EREKSI

1. Pengaturan Dasar Kolom

Dasar *kolom* harus di level dan untuk mengoreksi ketinggian dengan tumpuan penuh pada beton atau pasangan bata seperti didefinisikan dalam Bab 7 dari the *Code of Standard Practice*.

2. Stabilitas dan Sambungan

Rangka dari bangunan gedung *baja struktural* harus dilakukan sampai benar dan tegak lurus dalam batasan yang ditentukan dalam Bab 7 dari the *Code of Standard Practice*. Kemajuan ereksi struktur harus dipastikan untuk menahan *beban mati*, ereksi dan beban lainnya yang diantisipasi terjadi selama periode ereksi. *Breising* sementara harus disediakan, sesuai persyaratan the *Code of standard Practice*, dimana *breising* tersebut diperlukan untuk mendukung beban yang diterima struktur, termasuk peralatan dan operasi yang sama. *Breising* tersebut harus tinggal di tempat selama diperlukan untuk keselamatan.

3. Pelurusan

Tanpa pembautan atau pengelasan permanen harus dilakukan sampai bagian struktur yang berdekatan telah benar lurus.

4. Pengepasan dari Joint Tekan Kolom dan Pelat Dasar

Ketidakcukupan dari tumpuan kontak yang tidak melebihi celah 1/16 in. (2 mm), terlepas dari tipe *splice* yang digunakan (*las tumpul penetrasi joint sebagian* atau baut), harus diizinkan. Jika celah melebihi 1/16 in. (2 mm), tetapi sama dengan atau kurang dari ¼ in. (6 mm), dan jika penyelidikan teknik menunjukkan bahwa daerah kontak yang cukup tidak ada, celah harus dikemas dengan ganjal baja yang tidak meruncing. Ganjal tidak perlu selain dari baja ringan, terlepas dari kelas/mutu material utama.

5. Pengelasan Lapangan

Permukaan dalam dan berdekatan dengan *joint* yang akan dilas lapangan harus disiapkan seperti yang diperlukan untuk menjamin kualitas pengelasan. Persiapan ini meliputi persiapan permukaan yang diperlukan untuk mengoreksi kerusakan atau kontaminasi yang terjadi setelah fabrikasi.

6. Pengecatan Lapangan

Tanggung jawab untuk peningkatan kecekatan pengecatan, pembersihan dan pengecatan bidang harus dialokasikan sesuai dengan kebiasaan setempat yang berlaku, dan pengalokasian ini diatur secara eksplisit dalam dokumen kontrak.

BAB N PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS

Bab ini membahas persyaratan umum untuk *pengendalian kualitas*, *penjaminan kualitas* dan *pengujian nondestruktif* untuk sistem *baja struktur* dan elemen baja komponen struktur komposit untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.

Catatan: Bab ini tidak membahas pengendalian kualitas atau penjaminan kualitas untuk batang tulangan beton, material beton atau pengecoran beton untuk komponen struktur komposit. Bab ini tidak membahas pengendalian kualitas atau penjaminan kualitas untuk persiapan permukaan atau pengecatan.

Catatan: Pemeriksaan joist (badan-terbuka) baja dan gelagar joist, tangki, vessel bertekanan, kabel, produk baja dibentuk dingin, atau produk logam pengukur tidak dibahas dalam Spesifikasi ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- N1. Ruang Lingkup
- N2. Program Pengendalian Kualitas Fabrikator dan Erektor
- N3. Dokumen Fabrikator dan Erektor
- N4. Pemeriksaan dan Personil Pengujian NonDestructif
- N5. Persyaratan Minimum untuk Pemeriksaan Bangunan Baja Struktural
- N6. Persyaratan Minimum untuk Pemeriksaan Konstruksi Komposit
- N7. Fabrikator dan Erektor yang Disetujui
- N8. Material dan Pengerjaan yang Tidak Sesuai

N1. RUANG LINGKUP

Pengendalian kualitas (PK) seperti disyaratkan dalam bab ini harus disediakan oleh fabrikator dan erektor. *Penjaminan kualitas* seperti disyaratkan dalam bab ini harus disediakan melalui lainnya bila diperlukan oleh *pihak yang berwenang*, *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, pembeli, pemilik, atau *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*. *Pengujian NonDestructif* (PND) harus dilakukan oleh instansi atau perusahaan yang bertanggung jawab untuk penjaminan kualitas, kecuali seperti diizinkan Pasal N7.

Catatan: Persyaratan PK/JK dalam Bab N dianggap memadai dan efektif untuk struktur baja umumnya dan sangat dianjurkan tanpa modifikasi. Bila peraturan bangunan yang berlaku dan pihak yang berwenang mensyaratkan penggunaan *perencanaan penjaminan kualitas*, bab ini menguraikan persyaratan minimum yang dianggap efektif untuk memberikan hasil yang memuaskan dalam konstruksi bangunan gedung baja. Mungkin ada kasus dimana pemeriksaan tambahan dianjurkan. Tambahan, dimana kontraktor *program pengendalian kualitas* telah menunjukkan kemampuan untuk melakukan beberapa tugas rencana ini telah ditugaskan untuk penjaminan kualitas, modifikasi rencana dapat dipertimbangkan.

Catatan: Produsen material yang diproduksi sesuai *spesifikasi* standar yang diacu dalam Pasal A3 dalam Spesifikasi ini, dan pabrik dek baja, tidak dianggap sebagai fabrikator atau erektor.

N2. PROGRAM PENGENDALIAN KUALITAS FABRIKASI DAN EREKTOR

Pabrikator dan erektor harus menetapkan dan mempertahankan prosedur *pengendalian kualitas* dan melakukan pemeriksaan untuk memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan menurut Spesifikasi ini dan *dokumen konstruksi*.

Prosedur identifikasi material harus memenuhi persyaratan Pasal 6.1 *Code of Standard Practice*, dan harus dimonitor oleh fabrikator *pemeriksa pengendalian kualitas* (PPK).

Fabrikator PPK harus memeriksa yang berikut sebagai persyaratan minimum, sebagaimana berlaku:

- (1) Pengelasan di bengkel, pembautan kekuatan tinggi, dan detail-detail menurut Pasal N5
- (2) Pemotongan di bengkel dan *permukaan jadi* menurut Pasal M2
- (3) Pemanasan di bengkel untuk pelurusan, *camber* dan pembengkokkan menurut Pasal M2.1
- (4) Toleransi untuk fabrikasi di bengkel menurut Pasal 6 dari *Code of Standard Practice*.

Erektor PPK harus memeriksa yang berikut sebagai persyaratan minimum, sebagaimana berlaku:

- (1) Pengelasan lapangan, pembautan kekuatan tinggi, dan detail-detail menurut Pasal N5
- (2) Pengecoran dek baja dan angkur berkepala baja dan pengikatan menurut Pasal N6
- (3) Permukaan pemotongan medan menurut Pasal M2.2
- (4) Pemanasan di medan untuk pelurusan menurut Pasal M2.1
- (5) Toleransi untuk ereksi lapangan menurut Pasal 7.13 dari *Code of Standard Practice*.

N3. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR

1. Penyerahan Dokumen Konstruksi Baja

Fabrikator atau erektor harus menyerahkan dokumen yang berikut untuk diperiksa oleh *Insinyur Profesional Bersertifikat* atau IPB/EOR yang ditunjuknya, menurut Pasal 4 atau A4.4 *Code of Standard Practice*, sebelum fabrikasi atau ereksi, sebagaimana berlaku:

- (1) Gambar kerja, kecuali gambar kerja yang telah dilengkapi oleh orang lain
- (2) Gambar ereksi, kecuali gambar ereksi yang telah dilengkapi oleh orang lain

2. Dokumen Tersedia untuk Konstruksi Baja

Dokumen yang berikut harus tersedia dalam bentuk elektronik atau dicetak untuk diperiksa oleh *Insinyur Profesional Bersertifikat* atau IPB/EOR yang ditunjuknya sebelum fabrikasi atau ereksi, yang berlaku, kecuali disyaratkan lain dalam dokumen kontrak disampaikan:

- (1) Untuk elemen *baja struktural* utama, kopi laporan uji material menurut Pasal A3.1.

- (2) Untuk pengecoran dan penempaan baja, kopi dari laporan uji material menurut Pasal A3.2.
- (3) Untuk *pengencang*, kopi sertifikasi pabrik menurut Pasal A3.3.
- (4) Untuk pengencang dek, kopi lembaran data produk pabrik atau data katalog. Lembaran data harus menjelaskan produk, pembatasan penggunaan, dan direkomendasikan atau instruksi pemasangan tipikal.
- (5) Untuk batang angkur dan batang berulir, kopi laporan uji material menurut Pasal A3.4.
- (6) Untuk material habis pakai las, kopi sertifikat pabrik menurut Pasal A3.5.
- (7) Untuk angkur batang berkepala, kopi sertifikasi pabrik menurut Pasal A3.6.
- (8) Lembaran data produk pabrik atau data katalog untuk pengelasan *logam pengisi* dan fluks boleh digunakan. Lembaran data harus menjelaskan produk, pembatasan penggunaan, direkomendasikan atau parameter pengelasan tipikal, dan gudang dan persyaratan eksposur, termasuk pembakaran, jika berlaku.
- (9) Spesifikasi prosedur pengelasan (SPP).
- (10) Catatan kualifikasi prosedur (CKP) untuk spesifikasi prosedur pengelasan (SPP) yang tidak prakualifikasi menurut AWS D1.1/D1.1M atau AWS D1.3/D1.3M, yang berlaku.
- (11) Catatan kualifikasi kinerja petugas pengelasan (CKKPP) dan catatan kontinuitas
- (12) Fabrikator atau erektor, yang berlaku, manual pengendalian kualitas yang tertulis harus minimum meliputi:
 - (i) Prosedur kontrol material
 - (ii) Prosedur pemeriksaan
 - (iii) Prosedur ketidaksesuaian
- (13) Fabrikator atau erektor, yang berlaku, kualifikasi pemeriksa pengendalian kualitas.

N4. PEMERIKSAAN DAN PERSONIL PENGUJIAN NONDESTRUKTIF

1. Kualifikasi Pemeriksa Pengendali Kualitas

Personal pemeriksa pengelasan *penjaminan kualitas* (JK) harus memenuhi syarat terhadap keyakinan fabrikator atau program JK erektor, yang berlaku, dan sesuai salah satu dari yang berikut:

- (a) Pembantu pemeriksa pengelasan atau lebih tinggi seperti didefinisikan dalam AWS B5.1, *Standard for the Qualification of Welding Inspectors*, atau
- (b) Memenuhi syarat berdasarkan ketentuan AWS D1.1/D1.1M subpasal 6.1.4

Petugas pemeriksa pembautan JK harus memenuhi syarat berdasarkan pelatihan yang didokumentasikan dan memiliki pengalaman dalam pemeriksaan pembautan struktur.

2. Kualifikasi Pemeriksa Penjamin Kualitas

Pemeriksa pengelasan *penjaminan kualitas* (PK) harus memenuhi syarat terhadap keyakinan praktik yang ditulis badan JK, dan sesuai salah satu dari yang berikut:

- (a) Pemeriksa pengelasan (PP) atau pemeriksa pengelasan senior (PPS), seperti didefinisikan dalam AWS B5.1, *Standard for the Qualification of Welding Inspectors*, kecuali pembantu pemeriksa pengelasan diizinkan untuk digunakan di bawah pengawasan langsung pemeriksa pengelasan, yang berada di tempat dan tersedia saat pemeriksaan las sedang dilakukan, atau
- (b) Memenuhi syarat berdasarkan ketentuan AWS D1.1/D1.1M, subpasal 6.1.4

Petugas pemeriksa pembautan JK harus memenuhi syarat berdasarkan pelatihan yang didokumentasikan dan memiliki pengalaman dalam pemeriksaan pembautan struktur.

3. Kualifikasi Personil PND

Personil *penguji nondestruktif*, untuk PND selain visual, harus memenuhi syarat sesuai praktik yang ditulis pemiliknya, harus memenuhi atau melebihi kriteria AWS D1.1/D1.1M *Structural Welding Code – Steel*, subpasal 6.14.6, dan:

- (a) American Society for Nondestructive Testing (ASNT) SNT-TC-1A, *Recommended Practice for the Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*, atau
- (b) ASNT CP-189, *Standard for the Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*.

N5. PERSYARATAN MINIMUM UNTUK PEMERIKSAAN BANGUNAN BAJA STRUKTURAL

1. Pengendalian Kualitas

Tugas pemeriksaan PK harus dilakukan oleh fabrikator atau erektor *pemeriksa pengendalian kualitas* (PPK), yang sesuai, menurut Pasal N5.4, N5.6 dan N5.7.

Tugas dalam Tabel N5.4-1 sampai N5.4-3 dan Tabel N5.6-1 sampai N5.6-3 didaftar untuk PK pemeriksaannya dilakukan oleh PPK untuk memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan sesuai *dokumen konstruksi*.

Untuk pemeriksaan PM, dokumen konstruksi yang berlaku adalah *gambar kerja* dan *gambar ereksi*, dan *spesifikasi*, peraturan dan standar yang diacu yang berlaku.

Catatan: PPM tidak perlu mengacu *gambar desain* dan spesifikasi proyek. The Code of Standard Practice, Pasal 4.2(a), mensyaratkan transfer dari informasi dari Dokumen Kontrak (gambar desain dan spesifikasi proyek) kepada ketelitian dan gambar kerja dan gambar ereksi yang lengkap dan akurat, memungkinkan pemeriksaan PK harus berdasarkan pada bengkel dan gambar ereksi saja.

2. Penjaminan Kualitas

Pemeriksaan *Penjaminan kualitas* (JK) dari bagian-bagian yang difabrikasi harus dibuat di pabrik fabrikator. *Pemeriksa penjaminan kualitas* (PJK) harus menjadwalkan pekerjaan ini untuk meminimalkan gangguan terhadap pekerjaan fabrikator.

Pemeriksaan JK dari sistem baja terereksi harus dibuat di lokasi proyek. *Pemeriksa Penjaminan Kualitas* harus menjadwalkan pekerjaan ini untuk meminimalkan gangguan pada pekerjaan erektor tersebut.

Pemeriksa *Penjaminan Kualitas* harus meninjau kembali laporan uji material dan sertifikasi seperti tercantum dalam Pasal N3.2 untuk kesesuaian dengan *dokumen pelaksanaan*.

Tugas pemeriksaan JK harus dilakukan oleh *Pemeriksa Penjaminan kualitas*, menurut Pasal N5.4, N5.6 dan N5.7.

Tugas dalam Tabel N5.4-1 sampai N5.4-3 dan N5.6-1 sampai N5.6-3 didaftar untuk JK yang pemeriksaannya dilakukan oleh PJK untuk memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan sesuai dokumen pelaksanaan.

Bersamaan dengan pengajuan laporan tersebut kepada Pihak yang Berwenang, Peraturan Bangunan yang Berlaku atau pemilik, badan JK harus menyerahkan ke fabrikator dan erektor:

- (1) Laporan pemeriksaan
- (2) Laporan *pengujian nondestruktif*

3. Pemeriksaan Terkoordinasi

Bila tugas yang tercatat dilakukan oleh PK dan JK, diperbolehkan mengkoordinasikan fungsi pemeriksaan antara PPK dan PJK sehingga fungsi pemeriksaan dilakukan oleh hanya satu pihak. Bila JK bergantung pada fungsi pemeriksaan yang dilakukan oleh PK, persetujuan *Insinyur Profesional Bersertifikat* dan *pihak yang berwenang* diperlukan.

4. Pemeriksaan Pengelasan

Pengamatan pelaksanaan pengelasan dan inspeksi visual dalam-proses dan las lengkap akan menjadi metode utama untuk mengkonfirmasi bahwa material, prosedur dan pengerjaan sesuai dengan *dokumen konstruksi*. Untuk *baja struktural*, semua ketentuan AWS D1.1/D1.1M *Structural Welding Code – Steel for statically loaded structures* harus berlaku.

Catatan: Pasal J2 dari Spesifikasi ini berisi pengecualian untuk AWS D1.1/D1.1M.

Minimum, tugas inspeksi pengelasan harus sesuai Tabel N5.4-1, N5.4-2 dan N5.4-3. Dalam tabel-tabel ini, tugas-tugas inspeksi sebagai berikut:

- O – Observasi dengan cara acak. Pelaksanaan tidak perlu ditunda menunggu inspeksi ini.
- L – Lakukan cara pemeriksaan ini untuk setiap *joint* atau komponen struktur yang di las.

TABEL N5.4-1 – Tugas-tugas Inspeksi Sebelum ke Pengelasan

Tugas-tugas Inspeksi Sebelum ke Pengelasan	PK	JK
Spesifikasi prosedur pengelasan (SPP) tersedia	L	L
Sertifikasi pabrik untuk material las habis pakai yang tersedia	L	L
Identifikasi material (tipe/mutu)	O	O
Sistem identifikasi pengelas ¹	O	O
Fit-up dari las tumpul (termasuk geometri joint) <ul style="list-style-type: none"> • Persiapan joint • Dimensi (pelurusan, bukaan root, muka root, bevel) • Kebersihan (kondisi permukaan baja) • Mengelas titik (kualitas dan lokasi las titik) • Tipe/jenis pendukung dan penyesuaian (jika bisa diterapkan) 	O	O
Konfigurasi dan finish dari lubang akses	O	O
Fit-up dari las sudut <ul style="list-style-type: none"> • Dimensi (pelurusan, celah pada root) • Kebersihan (kondisi permukaan baja) • Mengelas titik (kualitas dan lokasi las titik) 	O	O
Memeriksa peralatan las	O	O
¹ Fabrikator atau erektor, yang sesuai, harus mempertahankan suatu sistem di mana seorang tukang las yang telah mengelas joint atau komponen struktur dapat diidentifikasi. Cap, jika digunakan, harus tipe tegangan rendah.	O	-

TABEL N5.4-2 – Tugas-tugas Pemeriksaan Selama Pengelasan

Tugas-tugas Pemeriksaan Selama Pengelasan	PK	JK
Penggunaan tukang las yang di kualifikasi	O	O
Pengontrolan dan penanganan material habis pakai pengelasan <ul style="list-style-type: none"> • Pengepakan • Pengontrol paparan 	O	O
Tanpa pengelasan di atas las titik di retak	O	O
Kondisi lingkungan <ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan angin di dalam batas • Pengendapan dan temperatur 	O	O
WPS diikuti <ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan pada peralatan pengelasan • Kecepatan perjalanan • Material las yang dipilih • Tipe gas pelindung/laju alir • Dilakukan pemanasan lebih dahulu • Temperatur interpass dipertahankan (minimum/maksimum) • Posisi yang tepat (F, V, H, OH) 	O	O
Teknik pengelasan <ul style="list-style-type: none"> • Interpass dan pembersihan akhir • Melewati masing-masing dalam batasan profil • Melewati masing-masing memenuhi persyaratan kualitas 	O	O

TABEL N5.4-3 – Tugas-tugas Pemeriksaan Setelah Pengelasan

Tugas-tugas Pemeriksaan Setelah Pengelasan	PK	JK
Las-las dibersihkan	O	O
Ukuran, panjang dan lokasi las-las	L	L
Las-las memenuhi kriteria penerimaan secara visual <ul style="list-style-type: none"> • Larangan retak • Las/fusi dasar-logam • Penampang melintang kawah • Profil las • Ukuran las • Undercut • Porositas 	L	L
<i>Arc strikes</i>	L	P
Daerah-k ¹	P	P
Pendukung dihapus dan las tab dihapus (jika diperlukan)	P	P
Aktivitas perbaikan	P	P
Penerimaan dan penolakan dokumen dari joint atau komponen struktur yang di las	P	P
¹ Bila pengelasan pelat pengganda, pelat menerus atau pengaku telah dilakukan dalam daerah-k, memeriksa secara visual daerah-k badan untuk retak di dalam 3 in. (75 mm) dari las tersebut.		

5. Pengujian NonDestruktif dari joint Dilas

5a. Prosedur

Pengujian ultrasonik (PU), pengujian partikel magnetik (PPM), pengujian penetrant (PP) dan pengujian grafikradio (PG), bila diperlukan, harus dilakukan oleh Penjaminan Kualitas (JK) sesuai dengan AWS D1.1/D1.1M. kriteria penerimaan harus sesuai dengan AWS D1.1/D1.1M untuk struktur yang *dibebani statis*, kecuali dinyatakan lain dalam *gambar desain* atau *spesifikasi proyek*.

5b. PND Las Tumpul PJP

Untuk struktur-struktur Kategori Risiko III atau IV dari Tabel 1-1, Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Banjir, Angin, Gempa, ASCE/SEI 7, Minimum Design Loads for Building and Other Structures, UT harus dilakukan dengan Jaminan Kualitas pada las tumpul PJP/CJP yang memikul secara transversal beban tarik yang diterapkan dalam ujung/butt, joint T dan joint sudut, pada tebal material 5/16 in. (8 mm) atau lebih besar. Untuk struktur-struktur dalam Kategori Risiko II, UT harus dilakukan dengan JK pada 10 % dari las tumpul PJP/CJP dalam ujung/butt, joint T dan joint sudut yang memikul secara transversal beban tarik yang diterapkan, pada tebal material 5/16 in. (8 mm) atau lebih besar.

Catatan: Untuk struktur-struktur dalam Kategori Risiko I, PND dari las tumpul PJP/CJP yang tidak disyaratkan. Untuk semua struktur dalam semua Kategori Risiko, PND dari las tumpul PJP/CJP pada material dengan tebal kurang dari 5/16 in. (8 mm) tidak disyaratkan.

5c. Lubang Akses PND

Permukaan lubang akses yang *dipotong secara termal* harus diuji dengan JK menggunakan MT (Pengujian Partikel Magnetik) atau PT (Pengujian Penetran), bila ketebalan sayap melebihi 2 in. (50 mm) untuk bentuk , atau bila ketebalan badan

melebihi 2 in. (50 mm) untuk *bentuk-bentuk tersusun*. Setiap ukuran atau lokasi retak di manapun dianggap tidak dapat diterima.

Catatan: Lihat Pasal M2.2.

5d. Joint Dilas Memikul yang Memikul Fatik

Bila disyaratkan oleh Lampiran 3, Tabel A-3.1, joint yang dilas mensyaratkan kekuatan las yang ditetapkan dengan pemeriksaan radiografik atau ultrasonik harus diuji dengan JM seperti yang dijelaskan. Reduksi dalam laju pengujian ultrasonik (PU) tidak boleh dilakukan.

5e. Reduksi dari Laju Uji Ultrasonik

Laju pengujian ultrasonik (PU) diperkenankan untuk direduksi jika disetujui oleh IPB/EOR (*Insinyur Profesional Bersertifikat*) dan AHJ (Pihak yang Berwenang). Bila laju awal pengujian ultrasonik (PU) sebesar 100 %, laju PND untuk tukang las individual atau operator pengelas diperkenankan direduksi sampai 25 %, asalkan laju uji ditolak, nomor las-las yang mengandung cacat-cacat yang tidak bisa diterima dibagi dengan nomor las-las lengkap, dibuktikan sebesar 5 % atau kurang dari las-las yang diuji untuk tukang las atau operator pengelas. Pengambilan contoh uji dari paling sedikit 40 las lengkap untuk suatu pekerjaan harus dibuat untuk mengevaluasi reduksi. Untuk mengevaluasi laju yang ditolak dari las-las menerus di atas 3 ft (1 m) dalam panjang dimana throat efektif adalah 1 in. (25 mm) atau kurang, setiap penambahan 12 in. (300 mm) atau fraksi daripadanya harus dipertimbangkan sebagai satu las. Untuk mengevaluasi laju yang ditolak pada las-las menerus di atas 3 ft (1 m) dalam panjang dimana throat efektif lebih besar dari 1 in. (25 mm), setiap 6 in. (150 mm) dari panjang atau fraksi daripadanya harus dipertimbangkan satu las.

5f. Penambahan dalam Laju Uji Ultrasonik

Untuk struktur-struktur dalam Kategori Risiko II, di mana laju awal untuk pengujian ultrasonik (PU) adalah 10 %, laju PND untuk tukang las individual atau operator pengelas yang akan meningkat menjadi 100 % seharusnya ditolak, nomor las-las yang mengandung cacat-cacat yang tidak bisa diterima dibagi dengan nomor las-las lengkap, melebihi 5 % dari las-las yang diuji untuk tukang las atau operator pengelas. Pengambilan contoh uji dari paling sedikit 20 las-las lengkap untuk suatu pekerjaan harus dibuat sebelum mengimplementasikan penambahan yang sedemikian. Bila laju yang ditolak untuk tukang las atau operator pengelas, setelah pengambilan contoh uji paling sedikit 40 las-las lengkap, telah turun sampai 5 % atau kurang, laju pengujian ultrasonik (PU) harus dikembalikan sampai 10 %. Untuk mengevaluasi laju yang ditolak dari las-las menerus di atas 3 ft (1 m) dalam panjang dimana throat efektif adalah 1 in. (25 mm) atau kurang, setiap penambahan 12 in. (300 mm) atau fraksi daripadanya harus dipertimbangkan sebagai satu las. Untuk mengevaluasi laju yang ditolak pada las-las menerus di atas 3 ft (1 m) dalam panjang dimana throat efektif lebih besar dari 1 in. (25 mm), setiap 6 in. (150 mm) dari panjang atau fraksi daripadanya harus diperhitungkan satu las.

5g. Dokumentasi

Semua PND yang dilakukan harus didokumentasikan. Untuk bengkel fabrikasi, laporan PND harus mengidentifikasi las yang diuji dengan tanda potongan uji dan lokasi dalam potongan uji tersebut. Untuk pekerjaan lapangan, laporan PND harus mengidentifikasi las yang diuji dengan lokasi pada struktur, tanda potongan uji, dan lokasi dalam potongan uji tersebut.

Bila suatu las ditolak berdasarkan PND, catatan PND harus menunjukkan lokasi dari cacat dan dasar penolakan.

6. Pemeriksaan Pembautan Kekuatan-Tinggi

Pengamatan operasi pembautan akan menjadi metode utama untuk mengonfirmasi bahwa material, prosedur dan pengerjaan yang tergabung dalam konstruksi dalam kesesuaian dengan *dokumen konstruksi* dan ketentuan *Specification RCSC*.

- (1) Untuk joint *snug-tight*, pengujian verifikasi pra-pemasangan seperti disyaratkan dalam Tabel N5.6-1 dan monitoring prosedur pemasangan seperti disyaratkan dalam Tabel N5.6-2 tidak berlaku. QCI (Pemeriksa Pengendali Kualitas) dan QAI (Pemeriksa Penjaminan Kualitas) tidak perlu ada selama pemasangan *sarana penyambung* pada joint *snug-tight*.
- (2) Untuk joint *pratarik* dan joint slip-kritis, bila pemasang menggunakan metode *turn-of-nut* dengan teknik *matchmarking*, metode langsung-tarik-indikator, atau metode baut pengendali *twist-off-type* tarik, pemantauan prosedur pratarik baut harus seperti disyaratkan dalam Tabel N5.6-2. QCI dan QAI tidak perlu ada selama pemasangan pengencang bila metode-metode ini digunakan oleh pemasang.
- (3) Untuk joint pratarik dan joint slip-kritis, bila pemasang menggunakan metode kunci pengencang terkalibrasi atau metode *turn-of-nut* tanpa *matchmarking*, pemantauan prosedur pratarik baut harus seperti disyaratkan dalam Tabel N5.6.2. QCI dan QAI harus terlibat dalam tugas mereka ditugaskan selama pemasangan pengencang bila metode-metode ini digunakan oleh pemasang.

Minimal, tugas pemeriksaan pembautan harus menurut Tabel N5.6-1, N5.6-2 dan N5.6-3. Dalam tabel-tabel ini, tugas pemeriksaan sebagai berikut:

- O – Amati item-item ini secara acak. Operasi tidak perlu ditunda menunggu pemeriksaan-pemeriksaan ini.
- P – Lakukan tugas-tugas ini untuk setiap sambungan yang di baut.

TABEL N5.6-1 – Tugas-tugas Pemeriksaan Sebelum ke Pembautan

Tugas-tugas Pemeriksaan Sebelum ke Pembautan	PK	JK
Tersedia sertifikasi pabrik untuk material pengencang	O	P
Pengencang ditandai menurut persyaratan ASTM	O	O
Pengencang yang tepat dipilih untuk detail joint (Kelas, tipe, panjang baut jika berulir harus dikecualikan dari bidang geser)	O	O
Prosedur pembautan yang tepat dipilih untuk detail joint	O	O
Elemen penyambung, termasuk kondisi permukaan lekatan yang sesuai dan persiapan lubang, jika disyaratkan, memenuhi persyaratan yang berlaku	O	O
Pengujian verifikasi pra-pemasangan oleh personel pemasangan diamati dan didokumentasi untuk merakit pengencang dan metode yang digunakan	P	O
Gudang yang tepat disediakan untuk baut, mur, ring dan komponen pengencang	O	O

TABEL N5.6-2 – Tugas-tugas Pemeriksaan Selama Pembautan

Tugas-tugas Pemeriksaan Selama Pembautan	PK	JK
Merakit pengencang, kondisi yang sesuai, ditempatkan pada semua lubang dan ring (jika diperlukan) diposisikan seperti disyaratkan	O	O
Joint dibawa ke kondisi <i>snug-tight</i> sebelum ke pratarik	O	O
Komponen pengencang tidak berubah oleh kunci pengencang dicegah dari rotasi	O	O
Pengencang pratarik menurut <i>Spesifikasi</i> RCSC, diprogres secara sistematis dari titik paling kaku menuju ujung bebas	O	O

TABEL N5.6-3 – Tugas-tugas Pemeriksaan Setelah Pembautan

Tugas-tugas Pemeriksaan Sebelum ke Pembautan	PK	JK
Penerimaan dan penolakan dokumen sambungan yang di baut	P	P

7. Tugas Pemeriksaan Lainnya

Pabrikan QCI (Pemeriksa Pengendali Kualitas) harus memeriksa baja yang difabrikasi untuk verifikasi kesesuaian dengan detail yang menunjukkan gambar kerja, misal penerapan yang tepat dari detail *joint* pada setiap sambungan. Erektor QCI (Pemeriksa Pengendali Kualitas) harus memeriksa rangka baja yang direksi untuk verifikasi kesesuaian dengan detail yang menunjukkan gambar ereksi, misal lokasi breis, *pengaku*, komponen struktur dan penerapan yang tepat dari detail *joint* pada setiap sambungan.

QAI (Pemeriksa Penjaminan Kualitas) harus di tempat untuk pemeriksaan selama penempatan batang angkur dan penanaman lainnya yang mendukung baja struktur untuk kesesuaian dengan *dokumen konstruksi*. Minimal, diameter, kelas, tipe dan panjang batang angkur atau item yang tertanam, dan luas atau kedalaman penanaman ke beton, harus diverifikasi sebelum pengecoran beton.

QAI (Pemeriksa Penjaminan Kualitas) harus memeriksa baja yang difabrikasi atau yang rangka baja yang direksi, yang sesuai, untuk verifikasi kesesuaian dengan detail yang diperlihatkan pada dokumen konstruksi, misal lokasi breis, *pengaku*, komponen struktur dan penerapan yang tepat dari detail *joint* pada setiap sambungan.

N6. PERSYARATAN MINIMUM UNTUK PEMERIKSAAN KONSTRUKSI KOMPOSIT

Pemeriksaan baja struktural dan dek baja dalam konstruksi komposit harus memenuhi persyaratan Bab ini.

Untuk pengelasan angkur berkepala baja, berlaku ketentuan AWS D1.1/D1.1M, *Structural Welding Code – Steel*.

Untuk pengelasan dek baja, pengamatan pelaksanaan dan pemeriksaan pengelasan dalam-proses dan las lengkap harus terutama mengkonfirmasi bahwa material, prosedur dan pengerjaan sesuai dengan *dokumen konstruksi*. Seluruh ketentuan yang berlaku dari AWS D1.3/D1.3M, *Structural Welding Code – Sheet Steel*, harus diterapkan. Pemeriksaan pengelasan dek harus mencakup verifikasi pengelasan habis pakai, *spesifikasi* prosedur pengelasan dan kualifikasi dari personal pengelasan

sebelum memulai pekerjaan, pengamatan pekerjaan yang sedang berlangsung, dan pemeriksaan visual dari seluruh las lengkap. Untuk dek baja yang diikat dengan sistem pengecoran selain pengelasan, pemeriksaan harus mencakup verifikasi dari *sarana pengencang* untuk digunakan sebelum pekerjaan dimulai, pengamatan pekerjaan yang sedang berlangsung untuk mengkonfirmasi pemasangan sesuai rekomendasi pabrik, dan pemeriksaan visual pemasangan lengkap.

Untuk *pengendalian kualitas* (PK) bagian-bagian yang tertera dalam Tabel N6.1 yang berisi penunjukan pengamatan, pemeriksaan PK harus dilakukan oleh erektor *pemeriksa pengendalian kualitas* (PPK/QCI). Dalam Tabel N6.1, tugas pemeriksaan sebagai berikut:

- O – Amati bagian-bagian ini atas dasar acak. Pelaksanaan tidak perlu ditunda menunggu pemeriksaan ini.
- P – Pelaksanaan tugas ini dilakukan untuk setiap elemen baja.

Tabel N6.1 – Pemeriksaan Elemen Baja Konstruksi Komposit Sebelum Pengecoran Beton

Pemeriksaan Elemen Baja Konstruksi Komposit Sebelum Pengecoran Beton	PK	JM
Pengecoran dan pemasangan dek baja	P	P
Pengecoran dan pemasangan angkur berkepala baja	P	P
Dokumen penerimaan atau penolakan elemen baja	P	P

N7. FABRIKATOR DAN EREKTOR YANG DISETUJUI

Pemeriksaan *Penjaminan kualitas* (JK), kecuali *pengujian nondestruktif* (PND), dapat diabaikan bila pekerjaan dilakukan dalam bengkel fabrikasi atau dengan erektor yang disetujui oleh pejabat yang berwenang dalam melakukan pekerjaan tanpa JM. PND las lengkap dalam suatu bengkel fabrikator yang disetujui dapat dilakukan oleh fabrikator bila disetujui oleh pejabat yang berwenang. Bila fabrikator melakukan PND, badan JM harus memeriksa laporan PND fabrikator.

Pada penyempurnaan fabrikasi, fabrikator yang disetujui harus menyerahkan sertifikat kepatuhan terhadap OMKH/AHJ yang menyatakan bahwa material yang dipasang dan pekerjaan yang dilakukan oleh fabrikator sesuai dengan *dokumen konstruksi*. Pada penyempurnaan ereksi, erektor yang disetujui harus menyerahkan sertifikat kepatuhan terhadap OMKH/AHJ yang menyatakan bahwa material yang dipasang dan pekerjaan yang dilakukan oleh erektor sesuai dokumen konstruksi.

N8. MATERIAL DAN Pengerjaan Yang Tidak Sesuai

Identifikasi dan penolakan material atau pengerjaan yang tidak sesuai dengan *dokumen konstruksi* harus diizinkan pada setiap saat selama kemajuan pengerjaan. Namun, ketentuan ini tidak membebaskan pemilik atau pemeriksa dari kewajiban untuk tepat waktu, pemeriksaan dalam-urutan. Material dan pengerjaan yang tidak sesuai harus diperhatikan sesegera mungkin fabrikator atau erektor, sebagaimana berlaku.

Material atau pengerjaan yang tidak sesuai harus dibawa ke dalam kesesuaian, atau dibuat cocok untuk tujuan yang telah ditentukan oleh *Insinyur Profesional Bersertifikat*.

Bersamaan dengan penyerahan laporan tersebut ke AHJ, EOR atau pemilik, badan JK harus menyerahkan ke fabrikator dan erektor:

- (1) Laporan ketidaksesuaian
- (2) Laporan perbaikan, penempatan kembali atau penerimaan bagian-bagian yang tidak sesuai



LAMPIRAN 1 DESAIN DENGAN ANALISIS INELASTIS

Lampiran ini membahas desain dengan *analisis inelastis*, dimana diizinkan pertimbangan redistribusi gaya-gaya dan momen-momen pada komponen struktur dan sambungan sebagai hasil dari pelelehan yang dilokalisasi.

Lampiran disusun sebagai berikut:

- 1.1 Persyaratan Umum
- 1.2 Persyaratan Daktalitas
- 1.3 Persyaratan Analisis

1.1 PERSYARATAN UMUM

Desain dengan *analisis inelastis* harus dilakukan menurut Pasal B3.3, menggunakan *desain faktor beban dan ketahanan* (DFBK). *Kekuatan desain* dari sistem struktur dan komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungannya harus sama atau melebihi *kekuatan yang diperlukan* seperti ditentukan oleh analisis inelastis. Ketentuan Lampiran ini tidak berlaku untuk desain seismik.

Analisis inelastis harus memperhitungkan:

- (1) deformasi akibat lentur, geser dan aksial dari komponen struktur, semua deformasi pada komponen lainnya dan *sambungan*, yang berkontribusi pada perpindahan struktur;
- (2) *efek orde kedua* (termasuk efek $P-\Delta$ dan $P-\delta$);
- (3) ketidaksempurnaan geometrik;
- (4) reduksi *kekakuan* akibat inelastisitas, termasuk efek *tegangan-tegangan* sisa dan pelelehan sebagian dari penampang; dan
- (5) ketidakpastian kekuatan dan kekakuan dari sistem, komponen struktur dan sambungan.

Keadaan batas kekuatan yang terdeteksi oleh suatu analisis inelastis yang memasukkan semua persyaratan-persyaratan diatas tidak berlaku terhadap ketentuan-ketentuan sesuai Spesifikasi bila terdapat level yang sebanding atau lebih tinggi dari kehandalan analisis. Keadaan batas kekuatan yang tidak terdeteksi oleh analisis inelastis harus dievaluasi menggunakan ketentuan-ketentuan yang sesuai dari Bab D, E, F, G, H, I, J dan K.

Sambungan-sambungan harus memenuhi persyaratan Pasal B3.6.

Komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungan yang menahan deformasi inelastis harus menunjukkan memiliki daktalitas yang cukup konsisten dengan perilaku yang dimaksud dari sistem struktur. Redistribusi gaya yang mengakibatkan keruntuhan komponen struktur atau sambungan tidak diperbolehkan

Metode apapun yang menggunakan analisis inelastis untuk proporsi komponen struktur dan sambungan yang memenuhi persyaratan umum ini diizinkan. Metode desain

berdasarkan analisis inelastis yang memenuhi persyaratan kekuatan di atas, persyaratan daktilitas Pasal 1.2, dan persyaratan analisis Pasal 1.3 memenuhi persyaratan-persyaratan umum ini.

1.2 PERSYARATAN DAKTILITAS

Komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungan dengan elemen-elemen yang menahan pelelehan harus diproporsikan sedemikian sehingga semua kebutuhan deformasi inelastis yang kurang dari atau sama dengan kapasitas deformasi inelastisnya. Sebagai pengganti eksplisit yang memastikan bahwa kebutuhan deformasi inelastis yang kurang dari atau sama dengan kapasitas deformasi inelastis yang kurang dari atau sama dengan kapasitas deformasi inelastisnya, persyaratan yang berikut harus dipenuhi untuk komponen struktur baja yang menahan sendi plastis.

1. Material

Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y , dari komponen struktur yang menahan sendi plastis tidak boleh melebihi 65 ksi (450 MPa).

2. Penampang Melintang

Penampang melintang komponen struktur pada lokasi *sendi plastis* harus simetris ganda dengan rasio lebar-ke-tebal dari elemen tekan tidak melebihi λ_{pd} , di mana λ_{pd} adalah sama dengan λ_p dari Tabel B4.1b kecuali seperti dimodifikasi di bawah ini:

- (a) Untuk rasio lebar-terhadap-tebal, h / t_w , dari badan profil bentuk I, PSB persegi panjang, dan penampang berbentuk boks yang menahan kombinasi lentur dan tekan

- (i) Bila $P_u / \phi_c P_y \leq 0,125$

$$\lambda_{pd} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - \frac{2,75 P_u}{\phi_c P_y} \right) \quad (\text{A-1-1})$$

- (ii) Bila $P_u / \phi_c P_y > 0,125$

$$\lambda_{pd} = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(2,33 - \frac{P_u}{\phi_c P_y} \right) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{A-1-2})$$

keterangan

- h = seperti ditetapkan dalam Pasal B4.1, in. (mm)
 t_w = tebal badan, in. (mm)
 P_u = kekuatan aksial yang diperlukan dalam tekan, kips (N)
 $P_y = F_y A_g$ = kekuatan leleh aksial, kips (N)
 ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0,90

- (b) Untuk rasio lebar-terhadap-tebal, b/t , dari sayap PSB persegi panjang dan penampang berbentuk boks, dan untuk sayap *pelat-pelat penutup*, dan *pelat-pelat diafragma* antara garis-garis *sarana penyambung* atau *las*

$$\lambda_{pd} = 0,94 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{A-1-3})$$

keterangan

b = seperti ditetapkan dalam Pasal B4.1, in. (mm)

t = seperti ditetapkan dalam Pasal B4.1, in. (mm)

- (c) Untuk rasio diameter-terhadap-tebal, D/t , dari PSB lingkaran dalam lentur

$$\lambda_{pd} = 0,045 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{A-1-4})$$

keterangan

D = diameter terluar dari PSB bundar, in. (mm)

3. Panjang Tanpa Berbreis

Dalam segmen komponen struktur prismatis yang mengandung *sendi plastis*, *panjang tanpa berbreis* secara lateral, L_b , tidak boleh melebihi L_{pd} , ditentukan sebagai berikut. Untuk komponen struktur yang hanya menahan lentur, atau lentur dan tarik aksial, L_b harus diambil sebagai panjang antara titik-titik yang dibreis melawan perpindahan lateral dari sayap tekan, atau antara titik-titik yang dibreis untuk mencegah twist dari penampang melintang. Untuk komponen-komponen struktur yang menahan lentur dan tekan aksial, L_b , harus diambil sebagai panjang antara titik-titik yang dibreis melawan kedua perpindahan lateral dalam arah sumbu minor dan twist dari penampang melintang.

- (a) Untuk komponen struktur I yang melentur terhadap sumbu utamanya:

$$L_{pd} = \left[0,12 - 0,076 \frac{M'_1}{M_2} \right] \frac{E}{F_y} r_y \quad (\text{A-1-5})$$

keterangan

r_y = radius girasi di sumbu minor, in. (mm)

- (i) Bila besar momen lentur pada setiap lokasi di panjang tanpa breising melebihi M_2

$$M'_1/M_2 = +1 \quad (\text{A-1-6a})$$

Sebaliknya:

- (ii) Bila $M_{mid} \leq (M_1 + M_2)/2$

$$M'_1 = M_1 \quad (\text{A-1-6b})$$

- (iii) Bila $M_{mid} > (M_1 + M_2)/2$

$$M'_1 = 2M_{mid} - M_2 < M_2 \quad (\text{A-1-6c})$$

keterangan

- M_1 = momen terkecil pada ujung panjang tanpa breising, kip-in. (N-mm)
 M_2 = momen terbesar pada ujung panjang tanpa breising, kip-in. (N-mm). M_2 harus diambil sebagai positif dalam semua kasus.
 M_{mid} = momen pada tengah dari panjang tanpa breising, kip-in. (N-mm)
 M'_1 = momen efektif pada ujung dari panjang tanpa breising yang berlawanan dari M_2 , kip-in. (N-mm)

Momen M_1 dan M_{mid} adalah individual yang diambil sebagai positif bila mereka menyebabkan tekan dalam sayap yang sama sebagai momen M_2 dan sebaliknya negatif.

- (b) Untuk batang tulangan persegi pejal dan *PSB* persegi dan komponen struktur berbentuk boks yang melentur terhadap sumbu utamanya

$$L_{pd} = \left[0,17 - 0,10 \frac{M'_1}{M_2} \right] \frac{E}{F_y} r_y \geq 0,10 \frac{E}{F_y} r_y \quad (\text{A-1-7})$$

Untuk semua tipe komponen struktur yang menahan tekan aksial dan mengandung sendi plastis, panjang tanpa breising lateral dari penampang terhadap sumbu kuat dan lemah tidak boleh melebihi $4,71r_x \sqrt{E/F_y}$ dan $4,71r_y \sqrt{E/F_y}$.

Tidak ada batas L_{pd} untuk segmen komponen struktur yang mengandung sendi plastis dalam kasus-kasus yang berikut:

- (1) Komponen struktur dengan penampang lingkaran atau kubus yang hanya menahan lentur atau kombinasi lentur dan tarik
- (2) Komponen struktur yang hanya menahan lentur di sumbu lemahnya atau kombinasi tarik dan lentur di sumbu lemahnya
- (3) Komponen struktur yang hanya menahan tarik saja.

4. Gaya Aksial

Untuk memastikan daktilitas yang cukup pada komponen struktur tekan dengan *sendi plastis*, *kekuatan desain* dalam tekan tidak boleh melebihi $0,75 F_y A_g$.

1.3 PERSYARATAN ANALISIS

Analisis struktur harus memenuhi persyaratan Pasal 1.1. Persyaratan-persyaratan ini diizinkan untuk dipenuhi oleh *analisis inelastis* orde kedua yang memenuhi persyaratan Pasal ini.

Pengecualian:

Untuk *balok-balok* menerus yang tidak menahan gaya tekan aksial, analisis inelastis orde pertama atau *analisis plastis orde pertama* diizinkan dan persyaratan Pasal 1.3.2 dan 1.3.3 diabaikan.

Catatan: Lihat Penjelasan ANSI/AISC 360-10 untuk panduan dalam melakukan analisis plastis tradisional dan desain menurut ketentuan-ketentuan ini.

1. Properti Material dan Kriteria Leleh

Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y , dan kekakuan semua komponen struktur baja dan sambungan-sambungan untuk analisis harus direduksi oleh faktor 0,90, kecuali seperti dinyatakan dalam Pasal 1.3.3.

Pengaruh gaya aksial, momen lentur sumbu major, dan momen lentur sumbu minor harus dimasukkan dalam perhitungan respons inelastis.

Kekuatan plastis penampang komponen struktur harus diwakili dalam analisis baik dengan kriteria leleh plastis-sempurna-elastis yang dinyatakan sebagai gaya aksial, momen lentur pada sumbu major, dan momen lentur pada sumbu minor, atau dengan pemodelan eksplisit dari respons regangan-*tegangan* sebagai plastis-sempurna-elastis.

2. Ketidaksempurnaan Geometris

Analisis harus mencakup efek ketidaksempurnaan geometris awal. Ini harus dilakukan dengan pemodelan eksplisit ketidaksempurnaan seperti disyaratkan dalam Pasal C2.2a atau oleh penerapan *beban notional* ekuivalen seperti disyaratkan dalam Pasal C2.2b.

3. Efek Tegangan Sisa dan Pelelehan Sebagian

Analisis harus mencakup pengaruh *tegangan* sisa dan pelelehan sebagian. Ini harus dilakukan dengan pemodelan eksplisit efek ini dalam analisis atau dengan mereduksi *kekakuan* dari semua *komponen struktur* seperti disyaratkan dalam Pasal C2.3.

Jika ketentuan dari Pasal C2.3 digunakan, maka:

- (1) Faktor reduksi kekakuan 0,9 yang disyaratkan dalam Pasal 1.3.1 harus diganti dengan reduksi dari modulus elastis E dengan 0,8 seperti disyaratkan dalam Pasal C2.3, dan
- (2) Kriteria leleh elastis-perfectly-plastis, dinyatakan dalam istilah dari gaya aksial, momen lentur sumbu major, dan momen lentur sumbu minor, harus memenuhi batas kekuatan penampang melintang yang ditetapkan oleh Persamaan H1-1a dan H1-1b menggunakan $P_c = 0,9P_y$, $M_{cx} = 0,9M_{px}$ dan $M_{cy} = 0,9M_{py}$.

LAMPIRAN 2 DESAIN UNTUK GENANGAN

Lampiran ini membahas metode untuk menentukan apakah sistem atap memiliki kekuatan dan *kekakuan* yang cukup untuk menahan *genangan*.

Lampiran ini disusun sebagai berikut:

- 2.1. Desain Sederhana untuk Genangan
- 2.2. Desain Ditingkatkan untuk Genangan

2.1 DESAIN SEDERHANA UNTUK GENANGAN

Sistem atap harus diperhitungkan stabil untuk *genangan* dan tidak ada investigasi lebih lanjut yang diperlukan jika kedua dari dua kondisi yang berikut dipenuhi:

$$C_p + 0,9C_s \leq 0,25 \quad (\text{A-2-1})$$

$$I_d \geq 25(S^4)10^{-6} \quad (\text{A-2-2})$$

$$(\text{S.I.: } I_d \geq 3\,940\,S^4) \quad (\text{A-2-2})$$

dimana

$$C_p = \frac{32L_s L_p^4}{10^7 I_p} \quad (\text{A-2-3})$$

$$C_p = \frac{504L_s L_p^4}{I_p} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-2-3M})$$

$$C_p = \frac{32S L_s^4}{10^7 I_s} \quad (\text{A-2-4})$$

$$C_p = \frac{504S L_s^4}{I_s} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-2-4M})$$

I_d = momen inersia dek baja didukung komponen struktur sekunder, in.⁴ per ft (mm⁴ per m)

I_p = momen inersia komponen struktur primer, in.⁴ (mm⁴)

I_s = momen inersia komponen struktur sekunder, in.⁴ (mm⁴)

L_p = panjang komponen struktur primer, ft (m)

L_s = panjang komponen struktur sekunder, ft (m)

S = spasi komponen struktur sekunder, ft (m)

Untuk rangka batang dan *joist* baja, penghitungan momen inersia, I_p dan I_s , harus mencakup efek regangan komponen struktur badan bila digunakan dalam persamaan diatas.

Catatan: Bila momen inersia dihitung hanya menggunakan rangka batang atau *joist* daerah kord, reduksi dalam momen inersia karena regangan badan dapat diambil tipikal sebesar 15 %.

Dek baja harus dipertimbangkan suatu komponen struktur sekunder bila langsung didukung oleh komponen struktur primer.

2.2 DESAIN DITINGKATKAN UNTUK GENANGAN

Ketentuan dibawah ini diberikan untuk digunakan bila evaluasi yang lebih teliti dari *kekakuan* rangka diperlukan dari yang diberikan oleh Persamaan A-2-1 dan A-2-2.

Penetapan indeks *tegangan*

$$U_p = \left(\frac{0,8F_y - f_o}{f_o} \right)_p \text{ untuk komponen struktur primer} \quad (\text{A-2-5})$$

$$U_s = \left(\frac{0,8F_y - f_o}{f_o} \right)_s \text{ untuk komponen struktur sekunder} \quad (\text{A-2-6})$$

keterangan

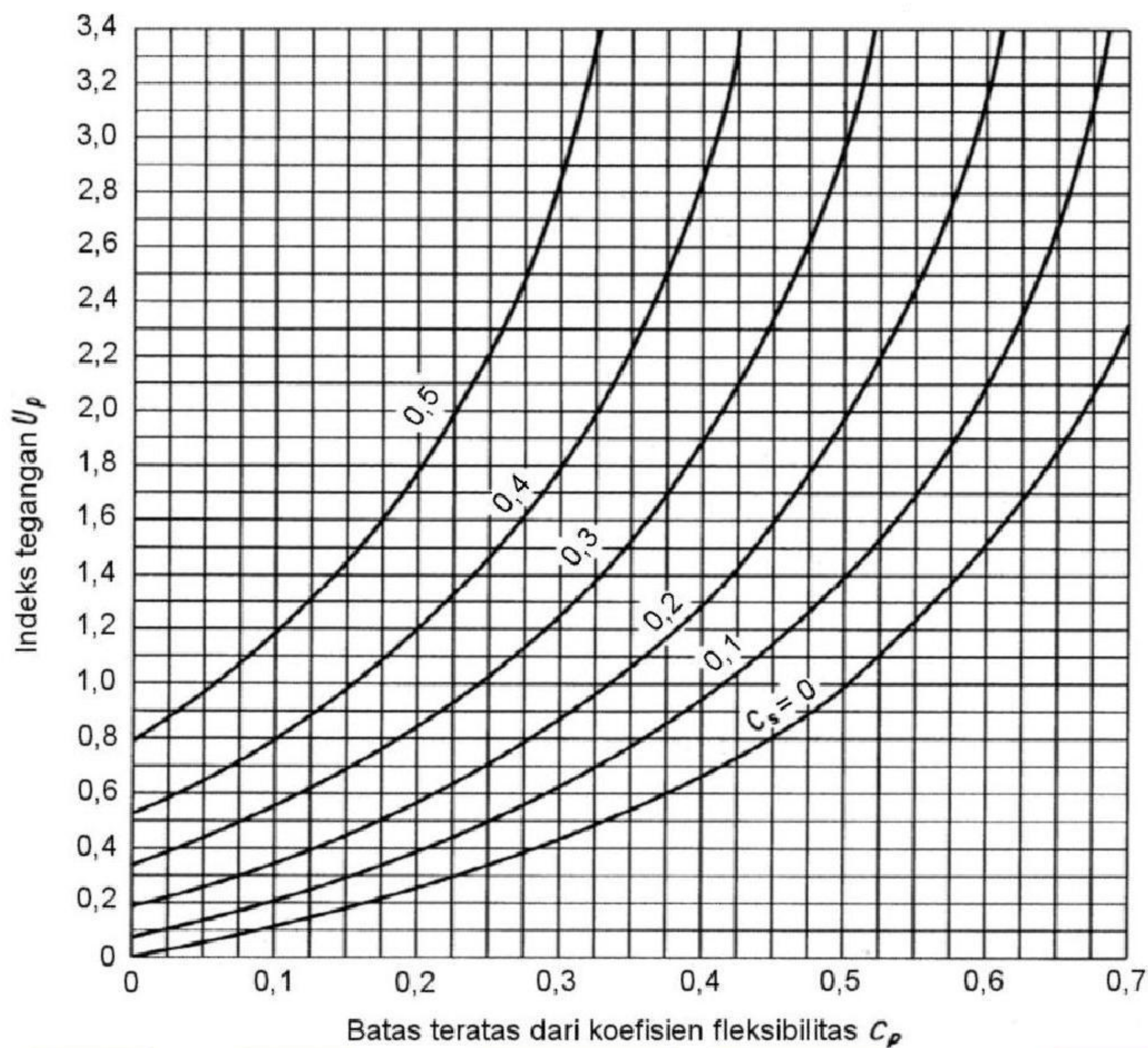
f_o = tegangan akibat $D+R$ (D = beban mati nominal, R = beban nominal akibat air hujan dari kontribusi *genangan*), ksi (MPa)

Untuk rangka atap yang terdiri dari komponen struktur primer dan sekunder, evaluasi kombinasi *kekakuan* sebagai berikut. Masukkan Gambar A-2.1 pada level indeks tegangan terhitung, U_p , ditentukan untuk *balok* primer; perpindahan horisontal pada nilai C_s yang dihitung dari balok sekunder dan kemudian ke bawah/downward pada skala absis. Kombinasi *kekakuan* rangka primer dan sekunder adalah cukup untuk mencegah *genangan* jika koefisien fleksibilitas dibaca dari skala huruf ini adalah lebih dari nilai C_p yang dihitung untuk komponen struktur primer yang diberikan; jika tidak, pengaku primer atau balok sekunder, atau kombinasi dari keduanya, diperlukan.

Prosedur yang sama harus diikuti menggunakan Gambar A-2.2.

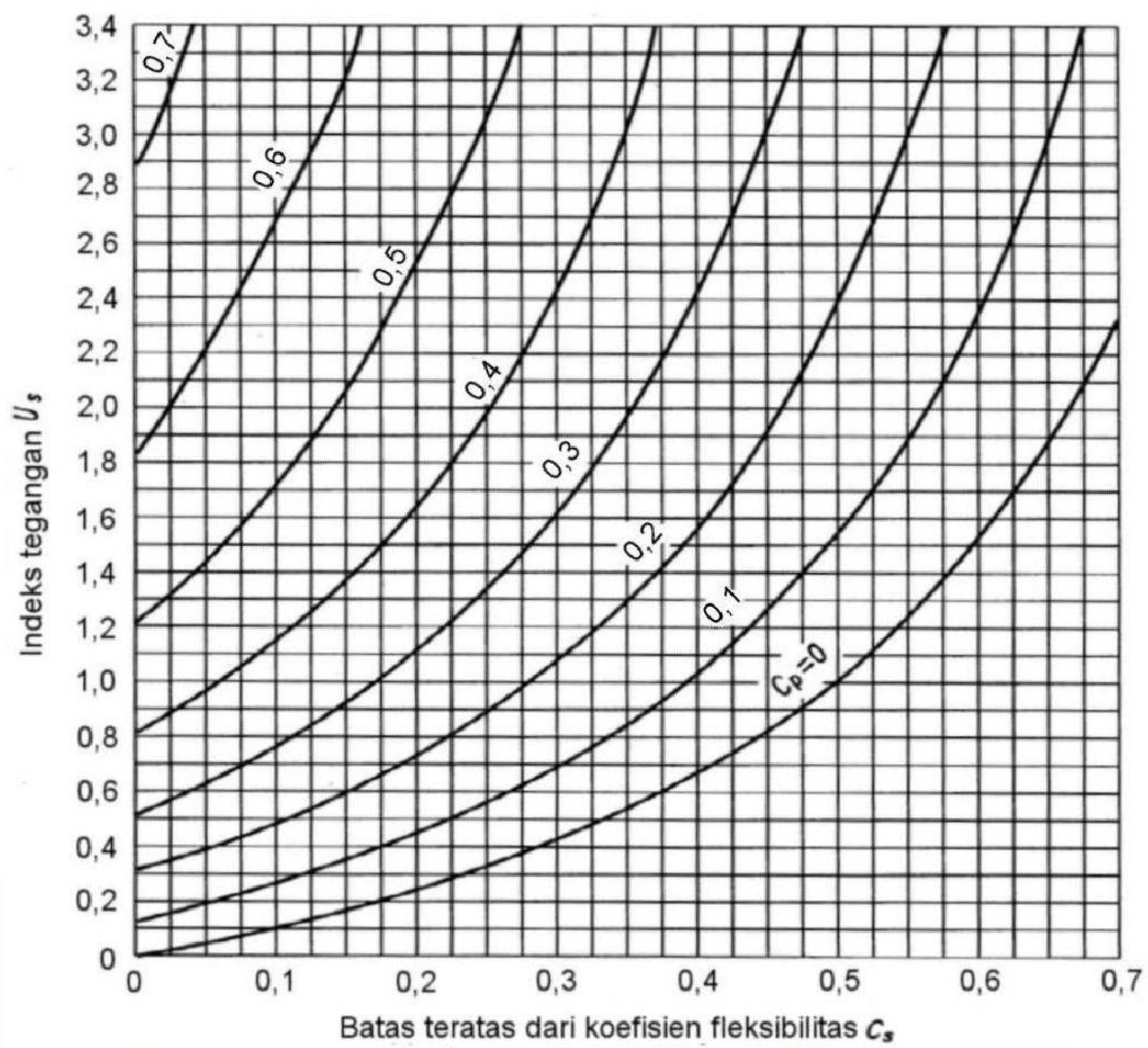
Untuk rangka atap yang terdiri dari rangkaian dari balok-balok tumpuan dinding berjarak sama, evaluasi *kekakuan* sebagai berikut. Balok-balok diperhitungkan sebagai komponen struktur sekunder didukung pada komponen struktur primer kaku secara tak terbatas. Untuk kasus ini, masukkan kedalam Gambar A-2.2 dengan indeks tegangan terhitung, U_s . Nilai batas C_s ditentukan oleh pemotongan dari garis horizontal yang mewakili nilai U_s dan kurva untuk $C_p = 0$.

Catatan: Defleksi *genangan* yang dikontribusikan melalui dek metal yang umumnya merupakan bagian terkecil dari defleksi *genangan* total dari panel atap bahwa sudah cukup hanya membatasi momen inersianya [per foot (meter) dari lebar tegak lurus bentangnya] dengan 0,000025 (3 940) dikalikan kekuatan keempat dari panjang bentangnya.



Gambar A-2.1 Koefisien fleksibilitas pembatas untuk sistem primer

Evaluasi *stabilitas* melawan genangan dari atap yang terdiri dari dek atap metal dari rasio tinggi-ke-bentang langsing relatif, yang membentang antara balok-balok didukung langsung pada *kolom-kolom*, sebagai berikut. Gunakan Gambar A-2.1 atau A-2.2, dengan menggunakan koefisien fleksibilitas C_s untuk lebar dek atap satu-foot (satu-meter) [$S = 1,0$].



Gambar A-2.2 Koefisien fleksibilitas pembatas untuk sistem sekunder

LAMPIRAN 3 DESAIN UNTUK FATIK

Lampiran ini berlaku untuk komponen struktur dan *sambungan* yang menahan pembebanan siklus tinggi di rentang elastis dari *tegangan-tegangan* dengan frekuensi dan besaran yang cukup untuk memulai retak dan kegagalan progresif, di mana menetapkan *keadaan batas* dari *fatik*.

Catatan: Lihat AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* for structures subject to seismic loads.

Lampiran ini disusun sebagai berikut:

- 3.1. Ketentuan Umum
- 3.2. Penghitungan Tegangan dan Rentang Tegangan Maksimum
- 3.3. Material Polos dan Joint Dilas
- 3.4. Baut dan Bagian yang Berulir
- 3.5. Persyaratan Fabrikasi dan Ereksi Khusus

3.1 KETENTUAN UMUM

Ketentuan Lampiran ini berlaku untuk *tegangan-tegangan* yang dihitung berdasarkan *beban layan*. Tegangan izin maksimum akibat beban layan adalah $0,66F_y$.

Rentang tegangan yang ditentukan sebagai besaran dari pengganti dalam tegangan akibat penerapan atau penghapusan *beban* hidup layan. Dalam kasus perubahan tegangan, rentang tegangan harus dihitung sebagai jumlah numerik tegangan tarik dan tekan diulang maksimum atau jumlah numerik tegangan-tegangan geser maksimum dari arah berlawanan pada titik dari permulaan retak yang mungkin terjadi.

Pada kasus las-las tumpul *penetrasi joint lengkap*, rentang *tegangan izin* maksimum dihitung dengan Persamaan A-3-1 hanya berlaku untuk las yang telah diuji ultrasonik atau radiografi dan memenuhi persyaratan penerimaan Pasal 6.12.2 atau 6.13.2 AWS D1.1/D1.1M.

Tanpa evaluasi ketahanan *fatik* yang diperlukan jika rentang tegangan beban hidup adalah kurang dari rentang tegangan izin batas, F_{TH} . lihat Tabel A-3.1.

Tanpa evaluasi ketahanan *fatik* dari komponen struktur yang memiliki bentuk-bentuk atau pelat yang diperlukan jika jumlah siklus dari penerapan beban hidup adalah kurang dari 20 000. Tanpa evaluasi dari ketahanan *fatik* dari komponen struktur yang terdiri dari *PSB* dalam struktur tipe bangunan yang menahan beban angin yang diatur peraturan adalah diperlukan.

Ketahanan beban siklus ditentukan oleh ketentuan-ketentuan dari Lampiran ini yang berlaku untuk struktur-struktur dengan perlindungan korosi yang sesuai atau hanya menahan atmosfer korosi menengah, misalnya kondisi atmosfer normal.

Ketahanan *beban* siklus ditentukan dengan ketentuan-ketentuan dari Lampiran ini yang hanya berlaku untuk struktur yang menahan temperatur tidak melebihi 300 °F (150 °C).

Insinyur Profesional Bersertifikat harus memberi salah satu detail lengkap termasuk ukuran-ukuran las atau harus menetapkan riwayat siklus yang direncanakan dan rentang maksimum dari momen, geser dan reaksi untuk *sambungan-sambungan*.

3.2 PENGHITUNGAN TEGANGAN DAN RENTANG TEGANGAN MAKSIMUM

Tegangan-tegangan yang dihitung harus berdasarkan *analisis elastis*. Tegangan-tegangan tidak boleh diperbesar dengan faktor-faktor *konsentrasi tegangan* untuk diskontinu geometris.

Untuk baut dan batang berulir yang menahan tarik aksial, tegangan-tegangan terhitung harus mencakup efek *aksi ungkit*, jika ada. Dalam kasus kombinasi tegangan aksial dengan lentur, tegangan-tegangan maksimum, dari setiap jenis, harus ditentukan untuk pengaturan bersamaan dari *beban* yang berlaku.

Untuk komponen struktur yang memiliki penampang melintang simetris, *pengencang* dan las-las harus diatur secara simetris pada sumbu komponen struktur, atau tegangan-tegangan total termasuk akibat eksentrisitas harus dicakup dalam penghitungan rentang tegangan.

Untuk komponen struktur sudut dibebani secara aksial dimana pusat gravitasi las-las penghubung berada antara garis dari pusat gravitasi penampang melintang sudut dan pusat leg disambung, efek-efek eksentrisitas harus diabaikan. Jika pusat gravitasi dari las-las penghubung berada di luar zona ini, tegangan-tegangan total, termasuk akibat *eksentrisitas joint*, harus tercakup dalam penghitungan rentang tegangan.

3.3 MATERIAL POLOS DAN JOINT DILAS

Pada material polos dan joint las, rentang *tegangan* pada *beban layan* tidak boleh melebihi rentang *tegangan izin* yang dihitung sebagai berikut.

- (a) Untuk kategori tegangan A, B, B', C, D, E, dan E' rentang tegangan izin, F_{SR} , harus ditentukan dengan Persamaan A-3-1 atau A-3-1M, sebagai berikut:

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq F_{TH} \quad (\text{A-3-1})$$

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f \times 329}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq F_{TH} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-1M})$$

keterangan

C_f = konstan dari Tabel A-3.1 untuk kategori *fatik*

F_{SR} = rentang tegangan izin, ksi (MPa)

F_{TH} = ambang rentang tegangan izin, rentang tegangan maksimum untuk umur desain tak terbatas dari Tabel A-3.1, ksi (MPa)

n_{SR} = jumlah dari fluktuasi rentang tegangan dalam umur desain

= jumlah dari fluktuasi rentang tegangan per hari x 365 x tahun dari umur desain

- (b) Untuk tegangan kategori F, rentang tegangan izin, F_{SR} , harus ditentukan oleh Persamaan A-3-2 atau A-3-2M sebagai berikut:

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f}{n_{SR}} \right)^{0,167} \geq F_{TH} \quad (\text{A-3-2})$$

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f (11 \times 10^4)}{n_{SR}} \right)^{0,167} \geq F_{TH} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-2M})$$

- (c) Untuk elemen pelat dibebani tarik disambung pada ujungnya dengan *cruciform*, T atau detail sudut dengan *las tumpul penetrasi joint lengkap* (PJP) atau *las tumpul penetrasi joint sebagian* (PJS), *las sudut*, atau kombinasi dari sebelumnya, transversal ke arah tegangan, rentang tegangan izin pada penampang melintang dari elemen pelat dibebani tarik pada kaki las harus ditentukan sebagai berikut:

- (i) Berdasarkan permulaan retak dari *toe* las pada elemen pelat dibebani tarik rentang tegangan izin, F_{SR} , harus ditentukan dengan Persamaan A-3-3 atau A-3-3M, untuk tegangan kategori C sebagai berikut:

$$F_{SR} = \left(\frac{44 \times 10^8}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq 10 \quad (\text{A-3-3})$$

$$F_{SR} = \left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq 68,9 \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-3M})$$

- (ii) Berdasarkan permulaan retak dari akar dari las rentang tegangan izin, F_{SR} , pada elemen pelat dibebani tarik menggunakan las tumpul penetrasi joint sebagian transversal, dengan atau tanpa penguatan atau las sudut kontur, rentang tegangan izin pada penampang melintang pada kaki las harus ditentukan dengan Persamaan A-3-4 atau A-3-4M, untuk tegangan kategori C' sebagai berikut:

$$F_{SR} = R_{PJP} \left(\frac{44 \times 10^8}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{A-3-4})$$

$$F_{SR} = R_{PJP} \left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-4M})$$

dimana

R_{PJP} , faktor reduksi untuk las tumpul PJP transversal diperkuat atau tanpa diperkuat, ditentukan sebagai berikut:

$$R_{PJP} = \left(\frac{0,65 - 0,59 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 0,72 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{A-3-5})$$

$$R_{PJP} = \left(\frac{1,12 - 1,01 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 1,24 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-5M})$$

Jika $R_{PJP} = 1,0$, penggunaan tegangan kategori C.

$2a$ = panjang dari muka root nondilas dalam arah ketebalan dari pelat dibebani tarik, in. (mm)

w = ukuran kaki perkuatan atau sudut kontur, jika ada, dalam arah dari ketebalan pelat dibebani tarik, in. (mm)

t_p = ketebalan pelat dibebani tarik, in. (mm)

- (iii) Berdasarkan permulaan retak root dari sepasang las sudut transversal pada sisi berlawanan dari elemen pelat dibebani tarik, rentang tegangan izin, F_{SR} , pada penampang melintang pada toe dari las harus ditentukan dengan Persamaan A-3-6 atau A-3-6M, untuk tegangan kategori C" sebagai berikut:

$$F_{SR} = R_{FIL} \left(\frac{44 \times 10^8}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{A-3-6})$$

$$F_{SR} = R_{FIL} \left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-6M})$$

keterangan

R_{FIL} adalah faktor reduksi untuk joint menggunakan hanya sepasang las sudut transversal

$$R_{FIL} = \left(\frac{0,06 + 0,72(w/t_p)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{A-3-7})$$

$$R_{FIL} = \left(\frac{0,10 + 1,24(w/t_p)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-7M})$$

Jika $R_{FIL} = 1,0$, penggunaan tegangan kategori C.

3.4 BAUT DAN BAGIAN YANG BERULIR

Dalam baut dan bagian-bagian berulir, rentang *tegangan* pada *beban layan* tidak boleh melebihi rentang *tegangan izin* yang dihitung sebagai berikut.

- (a) *Sambungan-sambungan* dikencangkan secara mekanikal dibebani geser, rentang maksimum dari tegangan dalam material tersambung tersebut pada beban layan tidak boleh melebihi rentang tegangan izin yang dihitung menggunakan Persamaan A-3-1 dimana C_f dan F_{TH} diambil dari Pasal 2 dari Tabel A-3.1.
- (b) Untuk baut kekuatan tinggi, baut-baut umum dan batang angkur berulir dengan pemotongan, ground atau rolled threads, rentang maksimum dari tegangan tarik pada area tarik neto dari *beban aksial* yang diterapkan dan momen ditambah

beban akibat *aksi ungkit* tidak boleh melebihi rentang tegangan izin yang dihitung menggunakan Persamaan A-3-8 atau A-3-8M (tegangan kategori G). *Luas neto* dalam tarik, A_t , diberikan dengan Persamaan A-3-9 atau A-3-9M.

$$F_{SR} = \left(\frac{3,9 \times 10^8}{n_{SR}} \right) \geq 7 \quad (\text{A-3-8})$$

$$F_{SR} = \left(\frac{1,28 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq 48 \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-8M})$$

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(d_b - \frac{0,9743}{n} \right)^2 \quad (\text{A-3-9})$$

$$A_t = \frac{\pi}{4} (d_b - 0,9382p)^2 \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-3-9M})$$

keterangan

d_b = diameter nominal (diameter badan atau kaki/shank), in. (mm)

n = ulir per in. (ulir per mm)

p = *pitch*, in. per ulir (mm per ulir)

Untuk *joint-joint* dimana material di dalam *grip* tidak dibatasi untuk baja atau *joint-joint* dimana bukan tensioned terhadap persyaratan Tabel J3.1 atau J3.1M, semua beban aksial dan momen diterapkan pada *joint* ditambah efek dari setiap aksi ungkit harus diasumsikan eksklusif dipikul oleh baut atau rod.

Untuk *joint-joint* dimana material di dalam *grip* dibatasi untuk baja dan dimana pratarik pada persyaratan Tabel J3.1 atau J3.1M, analisis *kekakuan* relatif dari bagian-bagian yang disambung dan baut-baut boleh digunakan untuk menentukan rentang tegangan tarik dalam *baut-baut pratarik* akibat beban hidup layan total dan momen ditambah efek dari setiap aksi ungkit. Alternatif, rentang tegangan dalam baut harus diasumsikan sama dengan tegangan pada area tarik neto akibat 20 % dari nilai mutlak beban aksial dan momen beban layan dari beban mati, hidup dan lainnya.

3.5 PERSYARATAN FABRIKASI DAN EREKSI KHUSUS

Batang-batang tulangan pendukung longitudinal boleh remain pada tempat, dan jika digunakan, harus menerus. Jika *splicing* diperlukan untuk *joint-joint* panjang, batang tulangan harus disambungkan dengan *joint-joint butt* penetrasi lengkap dan pendasaran penulangan sebelum merakit dalam *joint* tersebut. Pendukung longitudinal, jika ditinggalkan di tempat, harus disambungkan dengan *las sudut* menerus.

Pada *joint-joint* transversal yang menahan gaya tarik, batang tulangan backing/pendukung, jika digunakan, harus dipindah dan back *joint* tersebut *gouged* dan di las.

Pada T penetrasi *joint* lengkap transversal dan *joint* sudut, las penguat sudut, ukurannya tidak boleh kurang dari ¼ in. (6 mm), harus ditambahkan pada sudut-sudut *reentrant*.

Kekasaran permukaan dari tepi *pemotongan termal* yang memikul rentang *tegangan* siklik, termasuk gaya tarik, tidak boleh melebihi $1.000 \mu\text{in.}$ ($25 \mu\text{m}$), di mana ASME B46.1 merupakan standar acuan.

Catatan: AWS C4.1 Sampel 3 boleh digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian dengan persyaratan ini.

Sudut-sudut *reentrant* pada pemotongan-pemotongan, *cope* dan lubang akses las harus membentuk radius dari yang tidak kurang dari $3/8 \text{ in.}$ (10 mm) dengan pra-pemboran atau sub-pons dan pembesaran lubang, atau dengan pemotongan termal untuk membentuk radius dari pemotongan tersebut. Jika bagian radius dibentuk dengan pemotongan termal, permukaan yang terpotong tersebut harus mendasar terhadap permukaan metal terang.

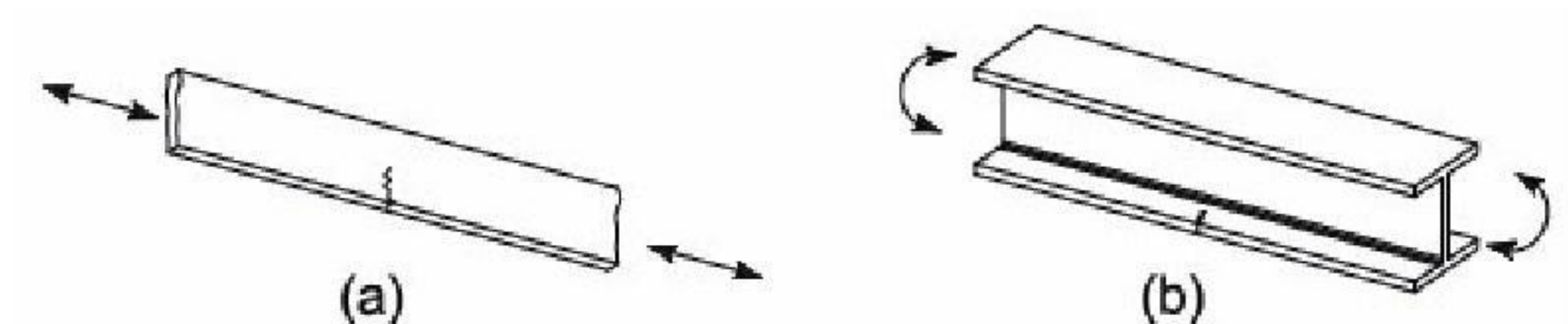
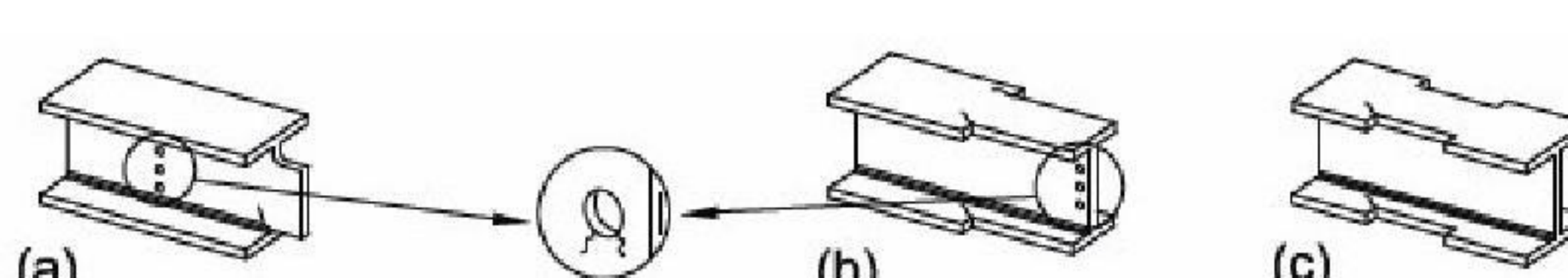
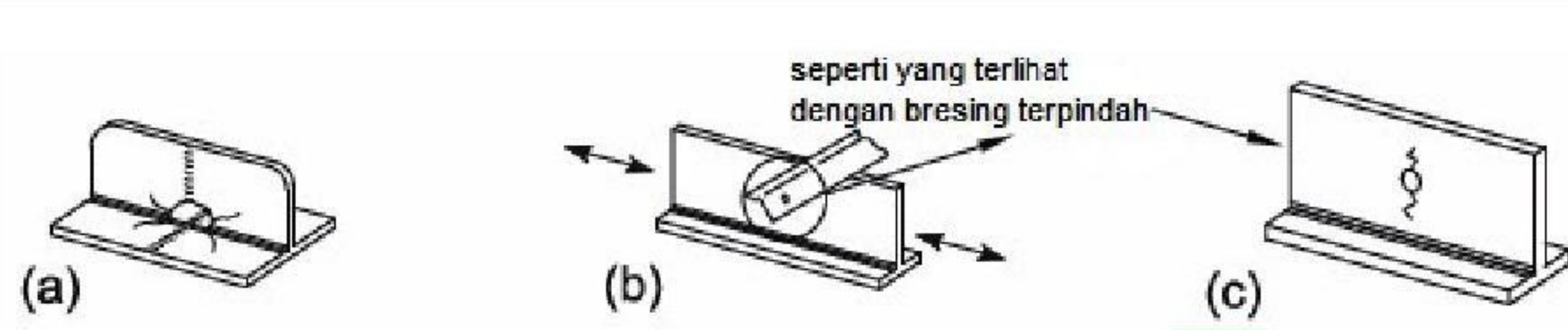

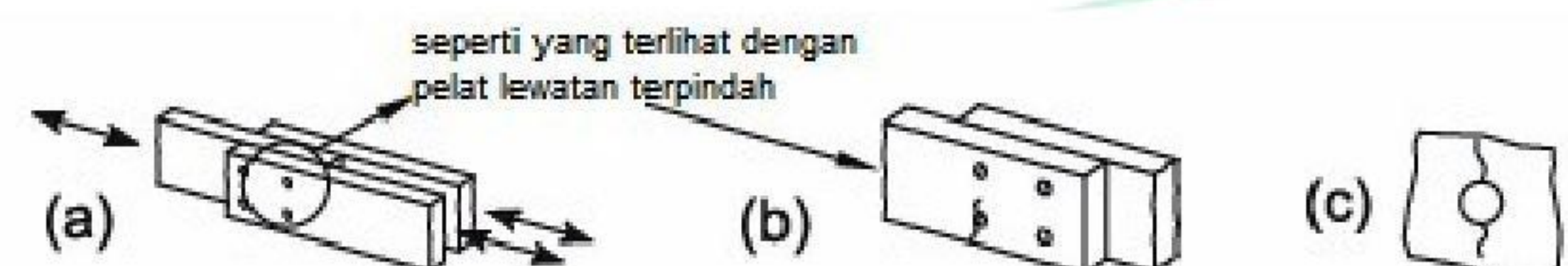
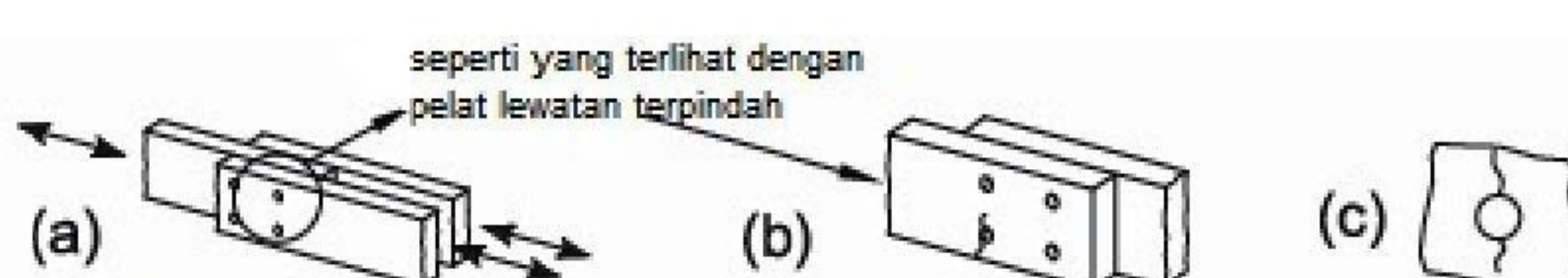
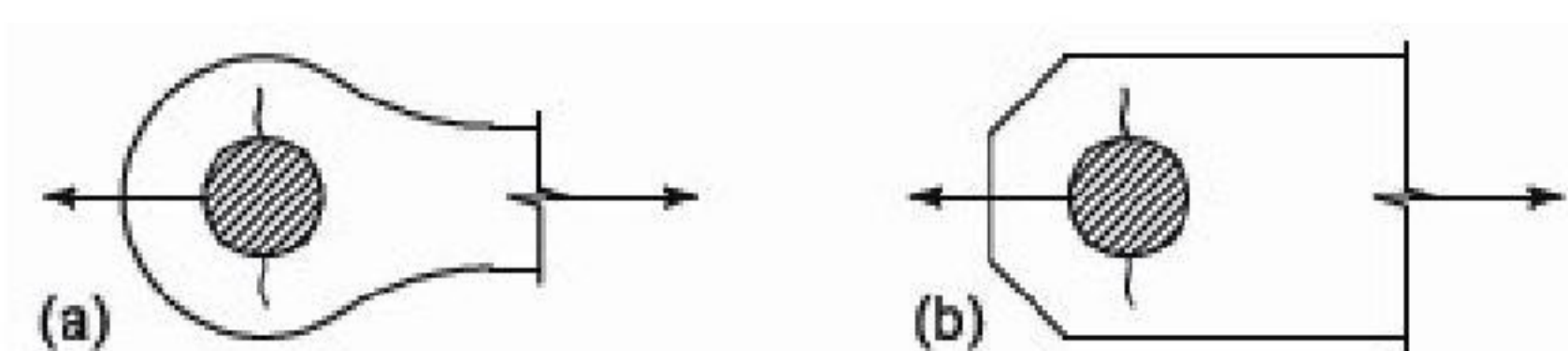
Untuk joint-joint *butt* transversal dalam daerah-daerah tegangan tarik, las titik harus digunakan untuk memberi penghentian las yang berjenjang tersebut di luar joint sudah terhenti. Bendungan akhir tidak boleh digunakan. *Run-off tabs* harus dipindahkan dan ujung dari las rata dengan tepi dari komponen struktur tersebut.

Lihat Pasal J2.2b untuk persyaratan untuk *end returns* pada las sudut certain yang menahan beban layan siklik.



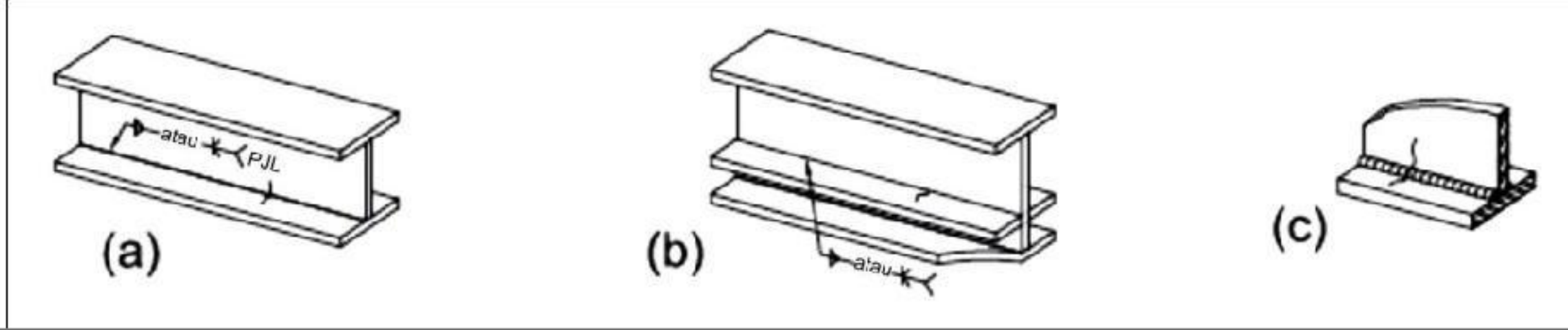
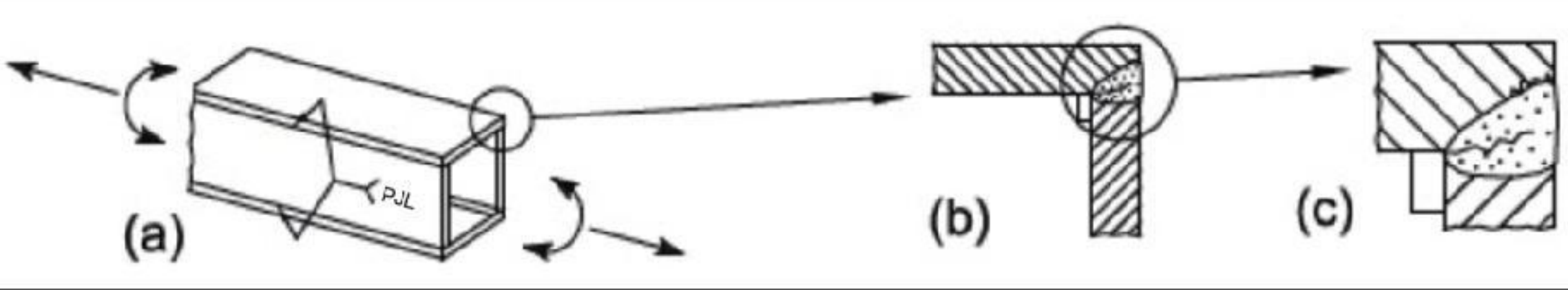


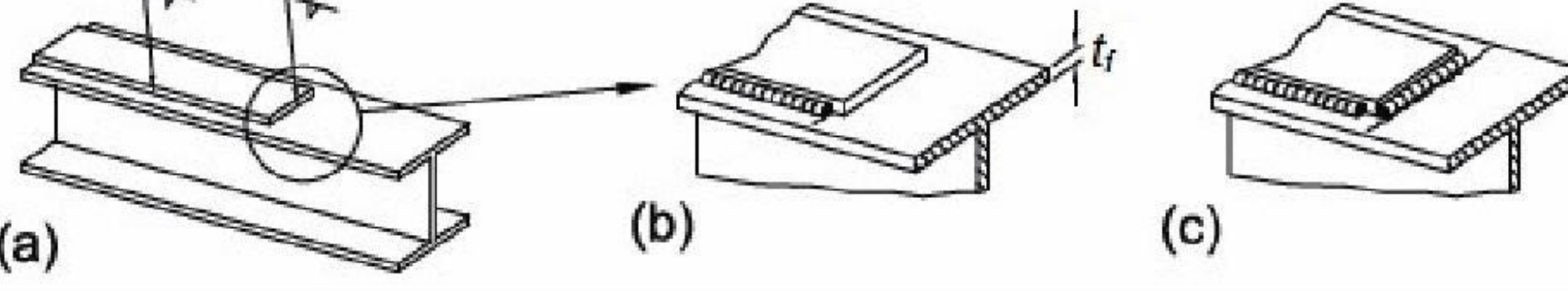
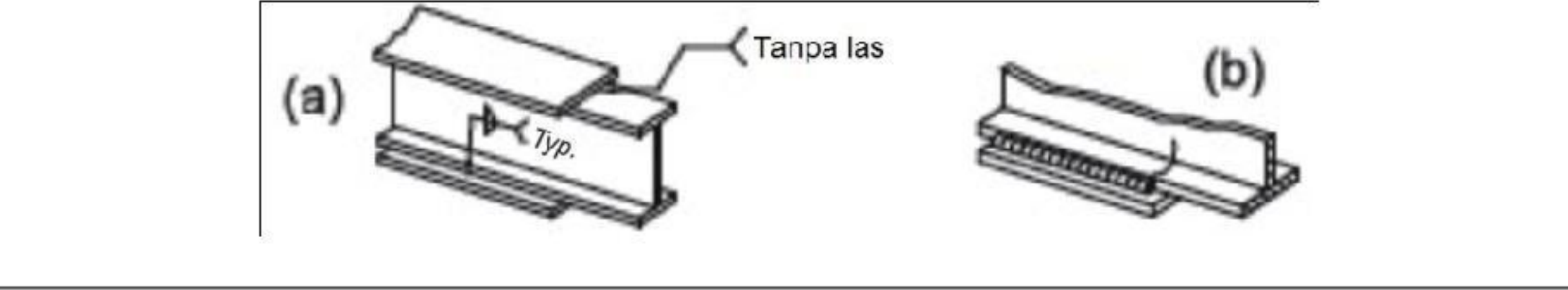
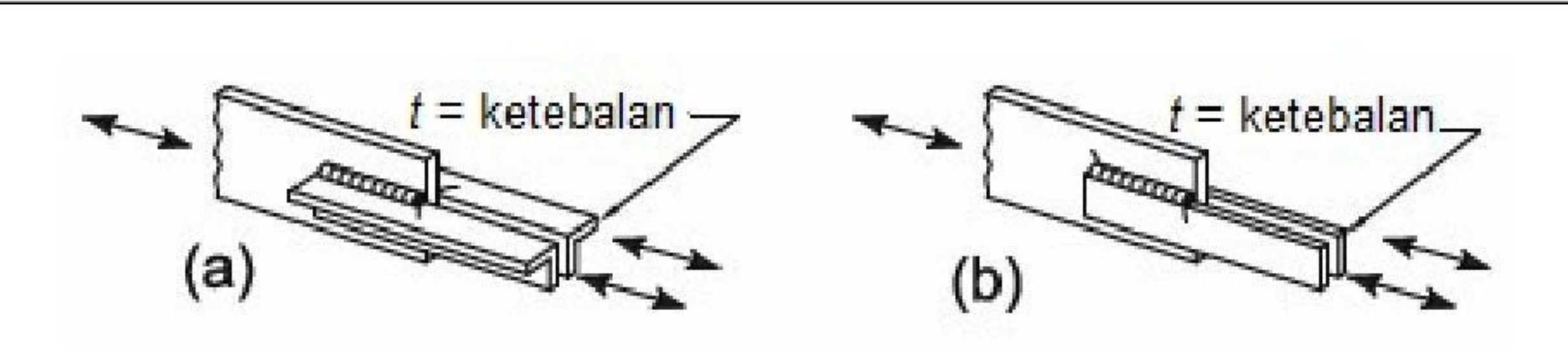
TABEL A-3-1
Parameter Desain Fatik

Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Threshold F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 1 – MATERIAL DASAR DI LUAR DARI SETIAP LAS				
1.1 Metal dasar, kecuali baja tanpa pelapis, dengan permukaan di atau dibersihkan. Tepi-tepi flame-cut dengan nilai kekasaran permukaan dari 1 000 μ in. (25 μ m) atau kurang, tetapi tanpa sudut-sudut reentrant.	A	250×10^8	24 (165)	Sepanjang dari semua las atau sambungan struktur
1.2 Metal dasar baja tanpa pelapis dengan permukaan di atau dibersihkan. Tepi flame-cut dengan nilai kekasaran permukaan dari 1 000 μ in. (25 μ m) atau kurang, tetapi tanpa sudut-sudut reentrant.	B	120×10^8	16 (110)	Sepanjang dari semua las atau sambungan struktur
1.3 Komponen struktur dengan lubang-lubang dibor atau reamed. Komponen struktur dengan sudut reentrant pada cope, cuts, block-outs atau diskontinu geometri lainnya dibuat dengan persyaratan Lampiran 3, Pasal 3.5, kecuali lubang-lubang akses las.	B	120×10^8	16 (110)	Pada setiap tepi eksternal atau pada perimeter lubang
1.4 Penampang melintang dengan lubang-lubang akses las dibuat dengan persyaratan dari Pasal J1.6 dan Lampiran 3, Pasal 3.5. Komponen-komponen struktur dengan lubang di bor atau reamed berisi baut-baut untuk pengikat dari breising ringan di mana komponen longitudinal kecil dari gaya breis.	C	44×10^8	10 (69)	Pada sudut reentrant dari lubang akses las atau pada setiap lubang kecil (boleh berisi baut untuk sambungan minor)
PASAL 2 – MATERIAL YANG DISAMBUNG DALAM JOINT YANG DIKENCANGKAN SECARA MEKANIS				
2.1 Luas bruto dari metal dasar dalam joint-joint lewatan disambung dengan baut-baut kekuatan tinggi pada joint-joint yang memenuhi semua persyaratan untuk sambungan-sambungan kritis slip.	B	120×10^8	16 (110)	Melalui penampang bruto dekat lubang
2.2 Metal dasar penampang neto dari joint-joint yang di baut kekuatan tinggi, didesain berdasarkan ketahanan penumpu, tetapi difabrikasi dan dipasang dengan semua persyaratan untuk sambungan-sambungan kritis slip.	B	120×10^8	16 (110)	Pada original penampang neto di sisi dari lubang
2.3 Metal dasar pada penampang neto dari joint-joint di sarana penyambung mekanikal kecuali eyebar dan pelat-pin.	D	22×10^8	7 (48)	Pada original penampang neto di sisi dari lubang
2.4 Metal dasar pada penampang neto dari kepala eyebar atau pelat-pin.	E	11×10^8	4,5 (31)	Pada original penampang neto di sisi dari lubang

TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 1 – MATERIAL POLOS SEPANJANG DARI SETIAP PENGELASAN	
1.1 dan 1.2	
1.3	
1.4	
PASAL 2 – MATERIAL TERSAMBUNG DALAM JOINT FASTENED MEKANIKAL	
2.1	 <p>(catatan: gambar adalah untuk sambungan di baut selip-kritis)</p>
2.2	 <p>(catatan: gambar adalah untuk sambungan di baut yang didesain untuk memikul, memenuhi persyaratan sambungan selip-kritis)</p>
2.3	 <p>(catatan: gambar adalah untuk baut snug-tightened, paku keling, atau sarana penyambung mekanikal lainnya)</p>
2.4	


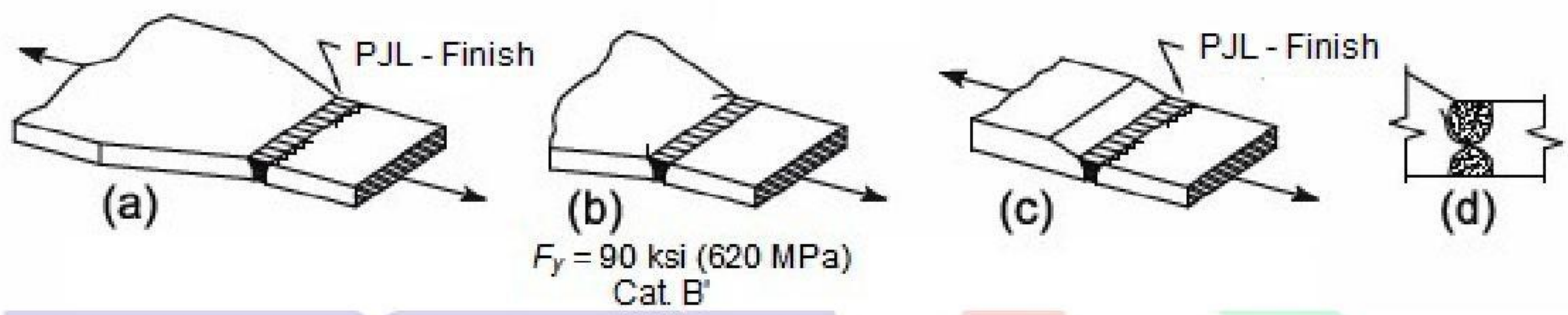
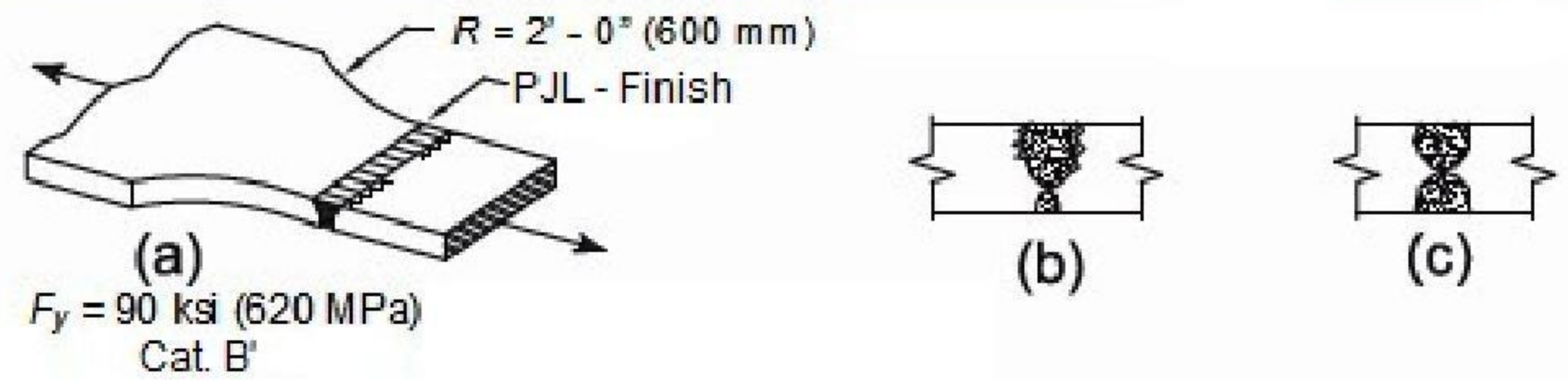
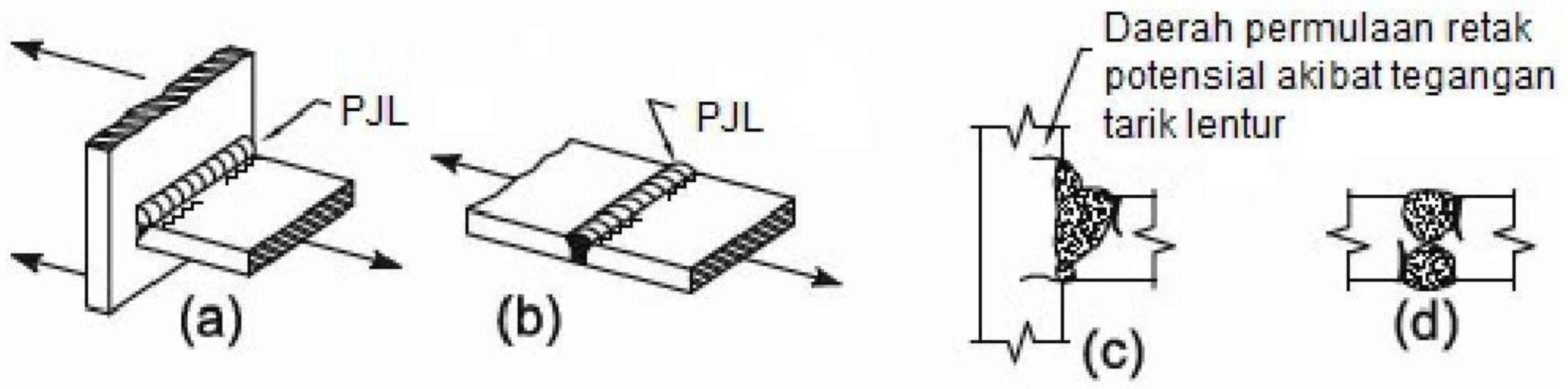
**TABEL A-3-1 - (Lanjutan)
Parameter Desain Fatik**

Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 3 – KOMPONEN YANG MENGHUBUNGKAN JOINT-JOINT LAS DARI KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN				
3.1 Metal dasar dan metal las pada komponen struktur tanpa attachment built up dari pelat atau profil, disambung dengan las tumpul penetrasi joint lengkap longitudinal menerus, dicungkil dan dilas kembali dari kedua sisi, atau dengan las-las sudut menerus.	B	120×10^8	16 (110)	Dari permukaan atau diskontinu internal dalam sepanjang las dari ujung las
3.2 Metal dasar dan metal las pada komponen struktur tanpa attachment built up dari pelat atau profil, disambung dengan las tumpul penetrasi joint lengkap longitudinal menerus dengan pendukung batang tulangan tidak dipindahkan, atau dengan las-las tumpul penetrasi joint sebagian menerus.	B'	61×10^8	12 (83)	Dari permukaan atau diskontinu internal dalam las, termasuk las yang diikat batang tulangan pendukung
3.3 Metal dasar pada penghentian metal las dari las longitudinal di lubang akses las dalam komponen struktur tersusun tersambung..	D	22×10^8	7 (48)	Dari penghentian las ke badan atau sayap
3.4 Metal dasar pada ujung-ujung dari segmen-segmen las sudut berselang longitudinal.	E	11×10^8	4,5 (31)	Pada material yang disambung di lokasi mulai dan stop dari deposit las apapun
3.5 Metal dasar pada ujung-ujung dari panjang sebagian dilas coverplates sempit dari sayap yang memiliki ujung-ujung persegi atau meruncing, dengan atau tanpa las-las melewati ujung-ujung; dan coverplates lebih lebar dari sayap tersebut dengan las-las melewati ujung-ujung. Tebal sayap (t_f) $\leq 0,8$ in. (20 mm) Tebal sayap (t_f) $> 0,8$ in. (20 mm)	E E'	11×10^8 $3,9 \times 10^8$	4,5 (31) 2,6 (18)	Pada sayap di kaki dari las ujung atau pada sayap di penghentian dari las longitudinal atau pada tepi dari sayap dengan coverplate lebar
3.6 Metal dasar pada ujung-ujung dari panjang sebagian dilas coverplate lebih lebar dari sayap tersebut tanpa las-las melewati ujung-ujung.	E'	$3,9 \times 10^8$	2,6 (18)	Pada tepi sayap di ujung dari las coverplate
PASAL 4 – SAMBUNGAN UJUNG LAS SUDUT LONGITUDINAL				
4.1 Metal dasar pada pertemuan dari komponen struktur dibebani aksial dengan sambungan-sambungan ujung las longitudinal. Las-las harus pada setiap sisi dari sumbu komponen struktur tersebut untuk menyeimbangkan tegangan-tegangan las. $t \leq 0,5$ in. (12 mm) $t > 0,5$ in. (12 mm)	E E'	11×10^8 $3,9 \times 10^8$	4,5 (31) 2,6 (18)	Dimulai dari ujung dari penghentian las apapun yang diperluas ke metal dasar

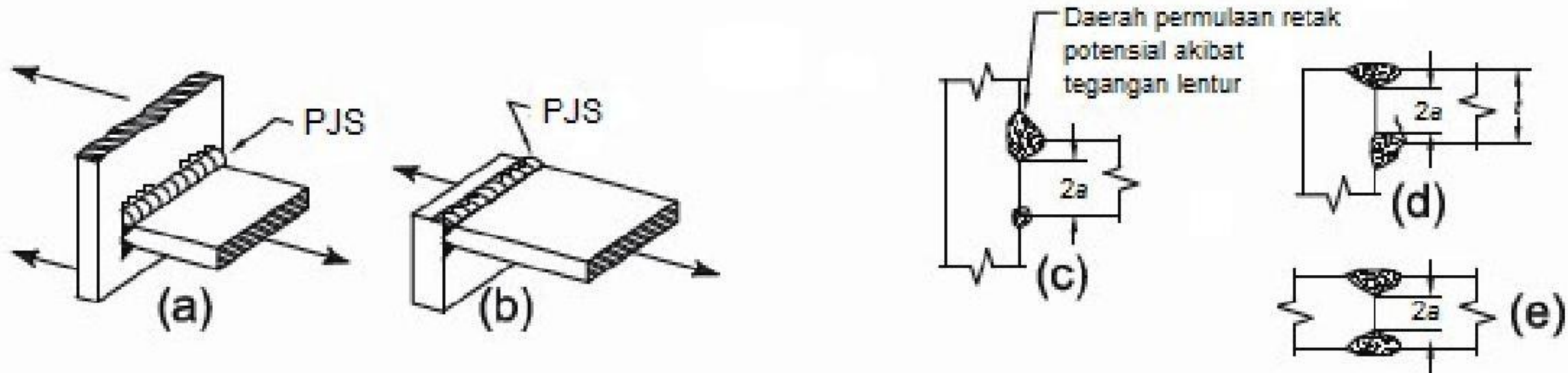
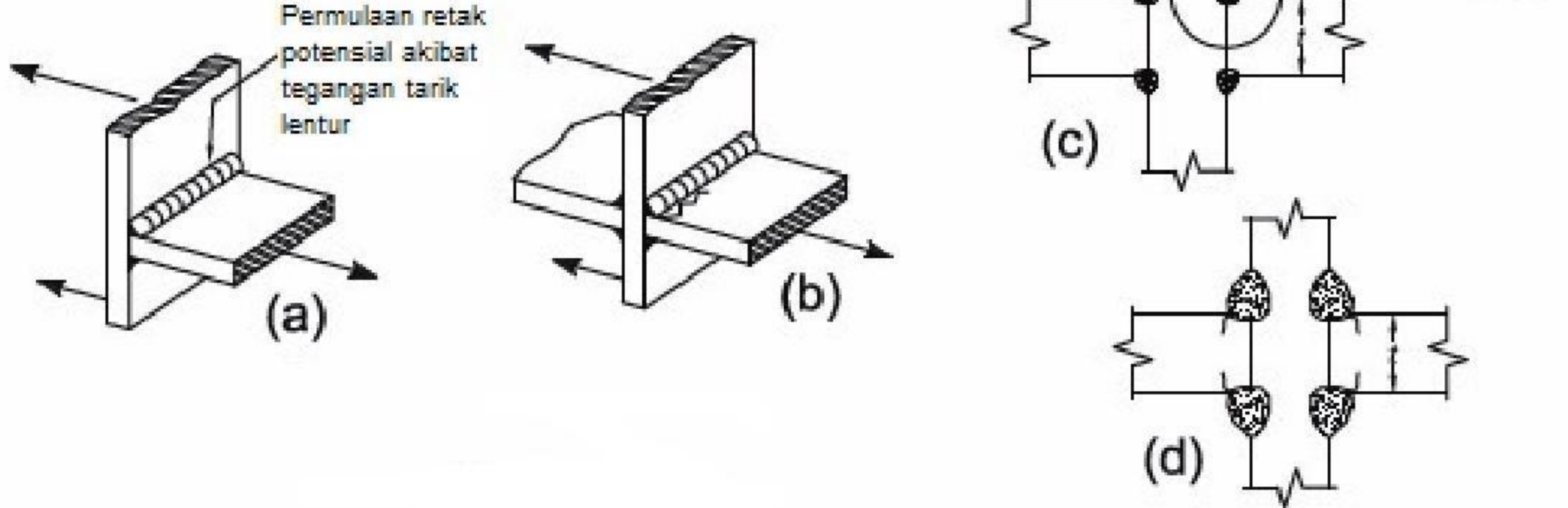
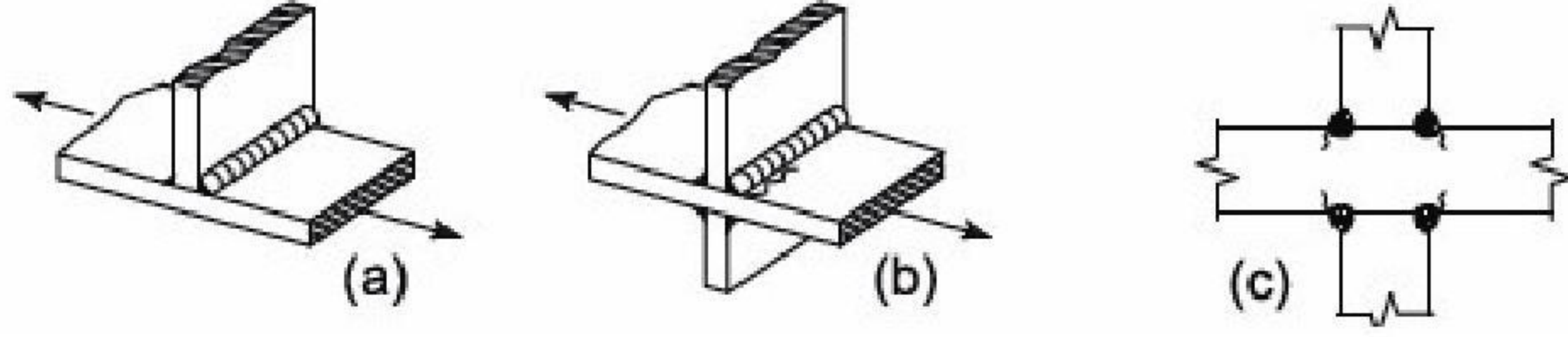
TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 3 – KOMPONEN YANG MENGHUBUNGKAN JOINT-JOINT LAS KOMPONEN STRUKTUR TERSUSUN	
3.1	
3.2	
3.3	
3.4	
3.5	
3.6	
PASAL 4 – SAMBUNGAN-SAMBUNGAN UJUNG LAS SUDUT LONGITUDINAL	
4.1	

TABEL A-3-1 - (Lanjutan)
Parameter Desain Fatik

Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 5 – JOINT-JOINT LAS TEGAK LURUS TERHADAP ARAH TEGANGAN				
5.1 Metal las dan metal dasar dalam atau berdekatan dengan splice las tumpul penetrasi joint lengkap pada penampang atau las dengan dasar permukaan las paralel dengan arah tegangan dan dengan kekuatan ditetapkan dengan pemeriksaan radiografik atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M.	B	120×10^8	16 (110)	Dari diskontinu internal dalam metal las atau sepanjang pembatas fusi
5.2 Metal las dan metal dasar dalam atau berdekatan dengan splice las tumpul penetrasi joint lengkap dengan dasar permukaan las paralel dengan arah tegangan pada transisi dalam ketebalan atau lebar yang dibuat pada kemiringan tidak lebih besar dari 1:2 ½ dan dengan kekuatan las ditetapkan dengan pemeriksaan radiografik atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M. $F_y < 90$ ksi (620 MPa) $F_y \geq 90$ ksi (620 MPa)	B B'	120×10^8 61×10^8	16 (110) 12 (83)	Dari diskontinu internal dalam metal pengisi atau sepanjang pembatas fusi atau mulai dari transisi bila $F_y \geq 90$ ksi (620 MPa)
5.3 Metal dasar dengan F_y sama dengan atau lebih besar dari 90 ksi (620 MPa) dan metal las dalam atau berdekatan dengan splice las tumpul penetrasi joint lengkap dengan dasar permukaan las paralel dengan arah tegangan pada transisi dalam lebar yang dibuat pada radius dari tidak kurang dari 2 ft (600 mm) dengan titik singgung pada ujung las tumpul dan dengan permukaan las ditetapkan dengan pemeriksaan radiografik atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M.	B	120×10^8	16 (110)	Dari diskontinu internal dalam metal pengisi atau diskontinu sepanjang pembatas fusi
5.4 Metal las dan metal dasar pada atau berdekatan dengan kaki dari las tumpul penetrasi joint lengkap dalam joint T atau joint sudut atau splice, dengan atau tanpa transisi pada ketebalan yang memiliki kemiringan tidak lebih besar dari 1:2 ½, bila perkuatan las yang tidak dihapus dan dengan permukaan las ditetapkan dengan pemeriksaan radiografi atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M.	C	44×10^8	10 (69)	Dari diskontinu permukaan pada kaki las diperluas ke metal dasar atau ke metal las.

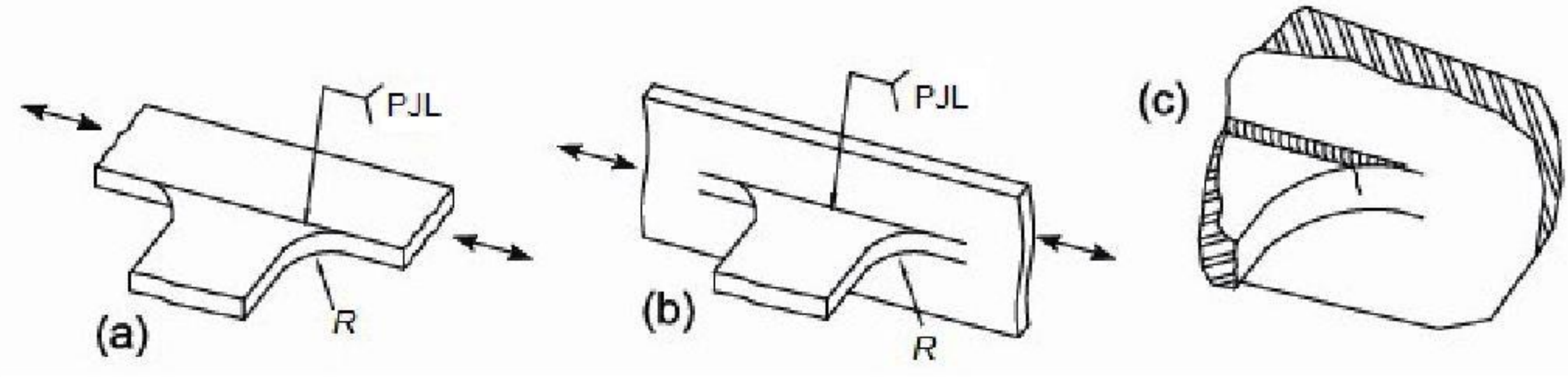
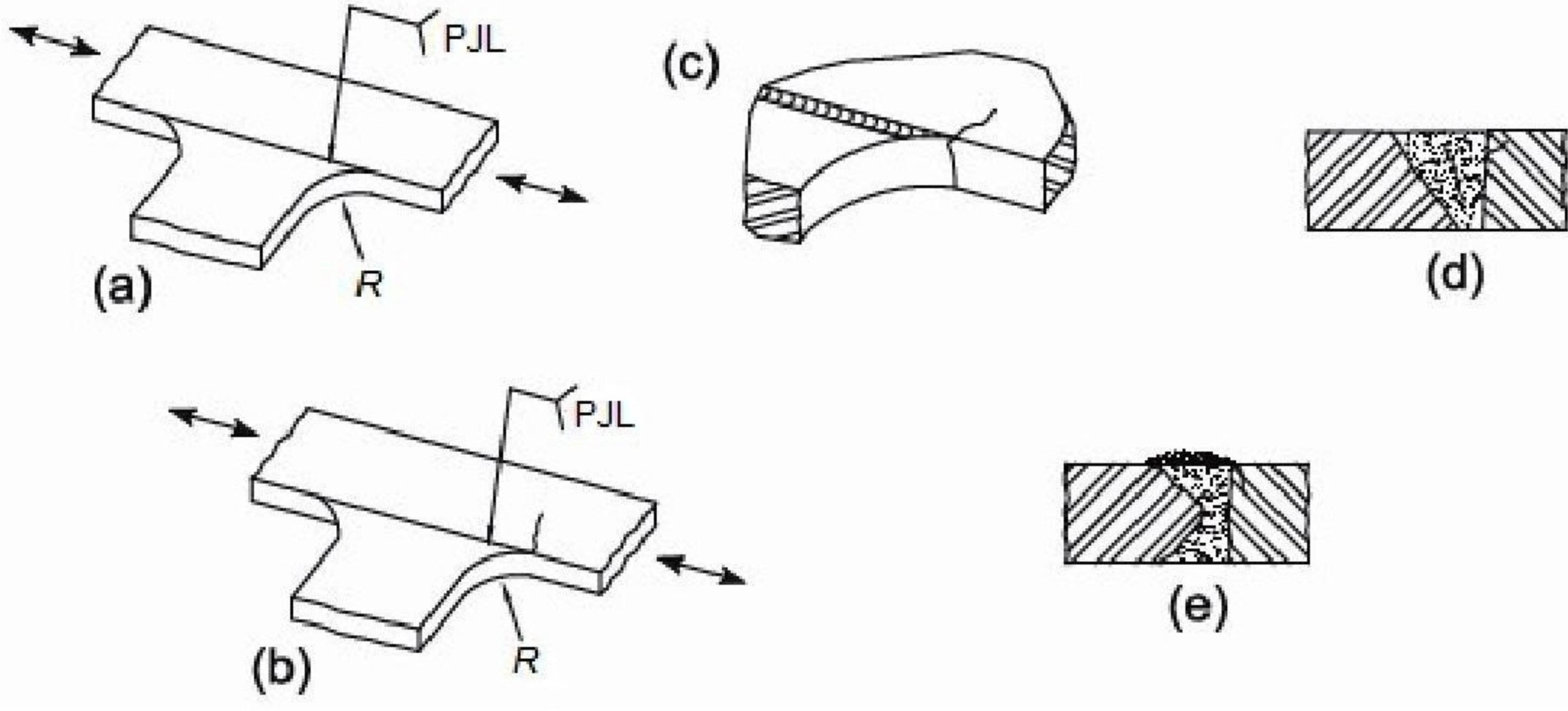
TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 5 – JOINT-JOINT LAS TEGAK LURUS TERHADAP ARAH TEGANGAN	
5.1	
5.2	
5.3	
5.4	

TABEL A-3-1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik				
Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 5 – JOINT-JOINT LAS TEGAK LURUS TERHADAP ARAH TEGANGAN				
5.5 Metal dasar dan metal las pada sambungan-sambungan ujung transversal dari elemen pelat yang dibebani gaya tarik menggunakan las-las tumpul penetrasi joint sebagian dalam butt atau joint T atau joint sudut, dengan perkuatan atau contouring fillet, F_{SR} harus terkecil dari retak kaki atau rentang tegangan izin retak root. Permulaan retak dari kaki las:	C	44×10^8	10 (69)	Dimulai dari diskontinu geometri pada kaki las diperluas ke metal dasar.
Permulaan retak dari root las:	C'	Pers. A-3-4 atau A-3-4M	Tidak tersedia	Dimulai pada root las yang memikul gaya tarik diperluas ke dan melalui las
5.6 Metal dasar dan metal las pada sambungan-sambungan ujung transversal dari elemen-elemen pelat yang dibebani gaya tarik menggunakan sepasang las sudut pada sisi berlawanan dari pelat tersebut. F_{SR} harus terkecil dari retak kaki atau rentang tegangan izin retak root. Permulaan retak dari kaki las:	C	44×10^8	10 (69)	Dimulai dari diskontinu geometrikal pada kaki las diperluas ke metal dasar.
Permulaan retak dari root las:	C''	Pers. A-3-5 atau A-3-5M	Tidak tersedia	Dimulai pada root las yang memikul gaya tarik diperluas ke dan melalui las.
5.7 Metal dasar dari elemen pelat dibebani gaya tarik dan pada gelagar dan badan balok atau sayap pada kaki dari las-las sudut transversal yang berdekatan dengan kekakuan transversal las..	C	44×10^8	10 (69)	Dari diskontinu geometrikal pada kaki sudut diperluas ke metal dasar

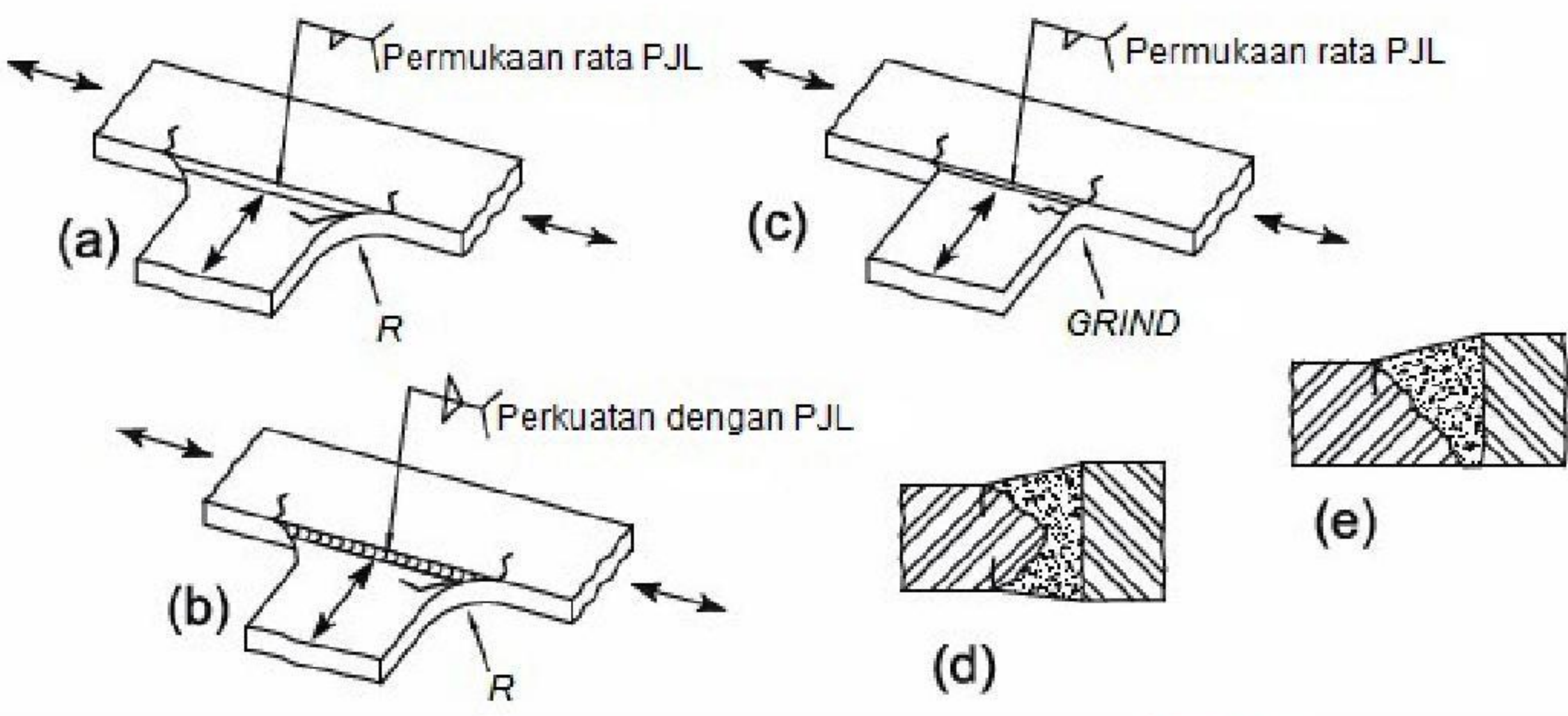
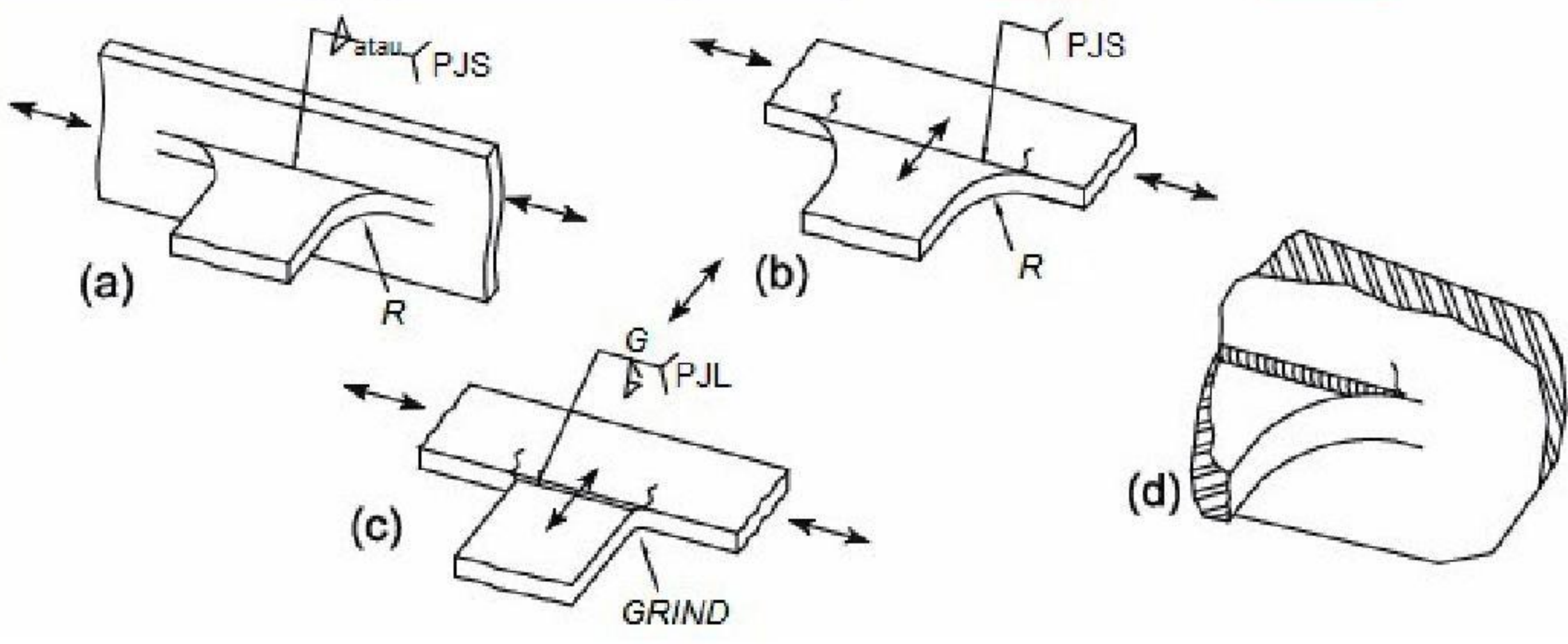
TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik		
Contoh-contoh tipikal ilustrasi		
PASAL 5 – JOINT-JOINT TEGAK LURUS ARAH TEGANGAN		
5.5		
5.6		
5.7		

TABEL A-3-1 - (Lanjutan)
Parameter Desain Fatik

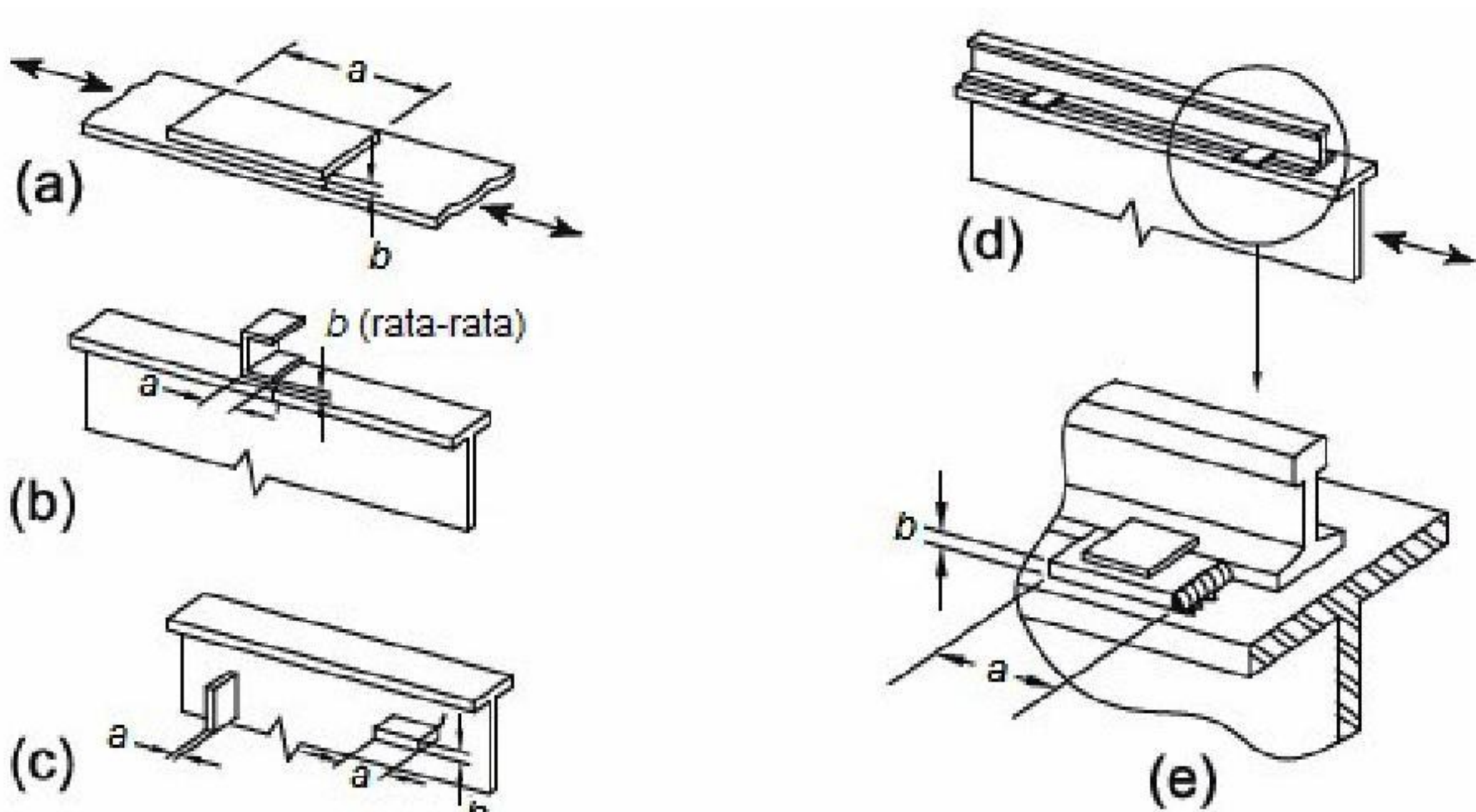
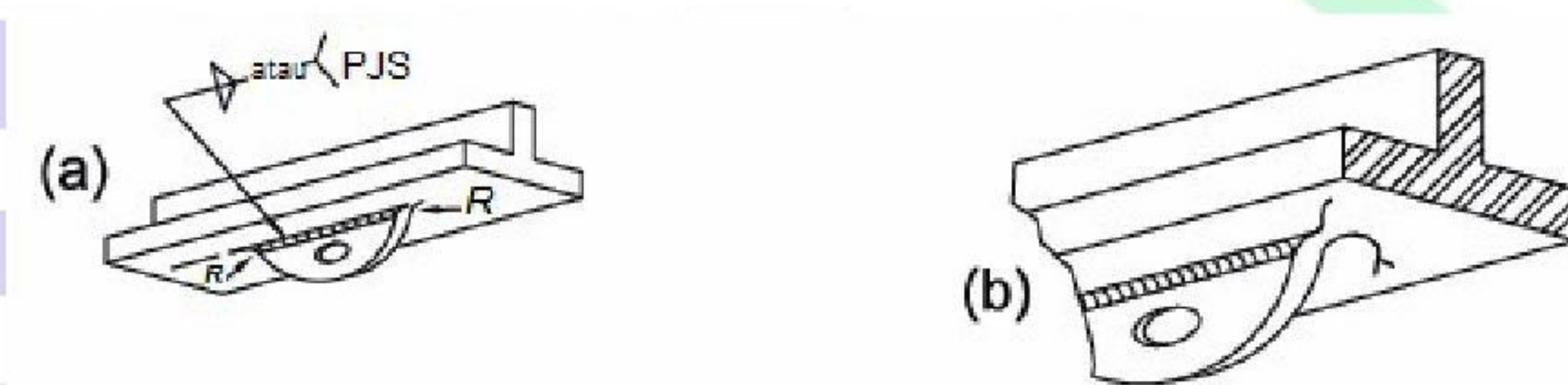
Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 6 – METAL DASAR PADA LAS TRANSVERSAL SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR				
6.1 Metal dasar pada detail-detail yang diikatkan melalui las-las tumpul penetrasi joint lengkap hanya memikul beban longitudinal bila detail berwujud radius transisi, R , dengan penghentian las ground smooth dan dengan kekuatan las ditetapkan melalui pemeriksaan radiografi atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M. $R \geq 24$ in. (600 mm)	B	120×10^8	16 (110)	Titik singgung dekat radius di tepi komponen struktur
24 in. $> R \geq 6$ in. (600 mm $> R \geq 150$ mm)	C	44×10^8	10 (69)	
6 in. $> R \geq 2$ in. (150 mm $> R \geq 50$ mm)	D	22×10^8	7 (48)	
2 in. (50 mm) $> R$	E	11×10^8	4,5 (31)	
6.2 Metal dasar pada detail-detail dari ketebalan yang sama diikatkan melalui las-las tumpul penetrasi joint lengkap memikul beban transversal dengan atau tanpa beban longitudinal bila detail berwujud radius transisi, R , dengan penghentian las ground smooth dan dengan kekuatan las ditetapkan melalui pemeriksaan radiografi atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M: $R \geq 24$ in. (600 mm)	B	120×10^8	16 (110)	Titik singgung dekat radius atau dalam las atau pada pembatas fusi atau komponen struktur atau attachment
24 in. $> R \geq 6$ in. (600 mm $> R \geq 150$ mm)	C	44×10^8	10 (69)	
6 in. $> R \geq 2$ in. (150 mm $> R \geq 50$ mm)	D	22×10^8	7 (48)	
2 in. (50 mm) $> R$	E	11×10^8	4,5 (31)	
Bila perkuatan las tidak dihilangkan: $R \geq 24$ in. (600 mm)	C	44×10^8	10 (69)	Pada kaki las salah satu sepanjang tepi komponen struktur atau attachment
24 in. $> R \geq 6$ in. (600 mm $> R \geq 150$ mm)	C	44×10^8	10 (69)	
6 in. $> R \geq 2$ in. (150 mm $> R \geq 50$ mm)	D	22×10^8	7 (48)	
2 in. (50 mm) $> R$	E	11×10^8	4,5 (31)	

TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 6 – METAL DASAR PADA LAS TRANSVERSAL SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR	
6.1	
6.2	

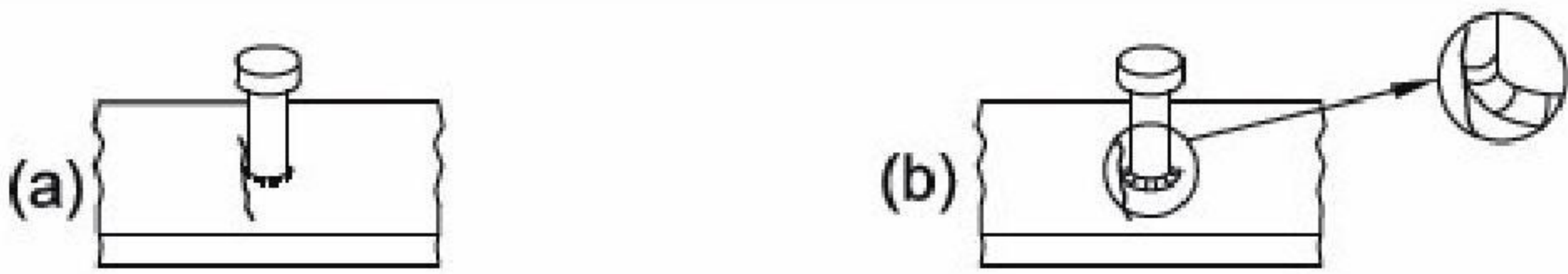
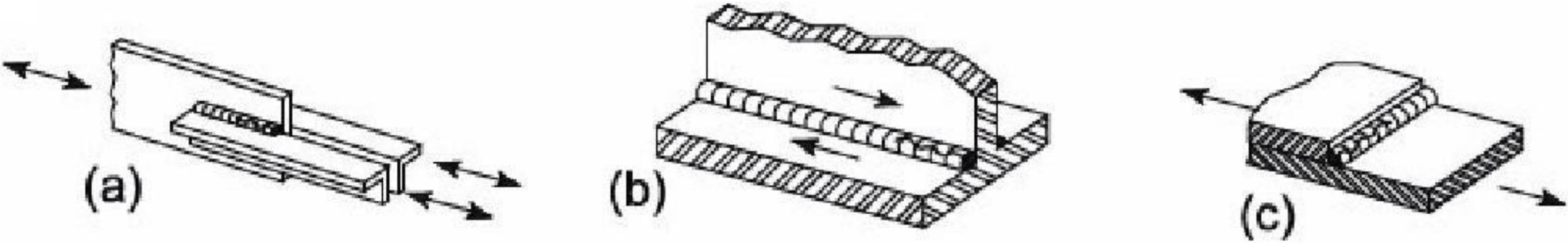
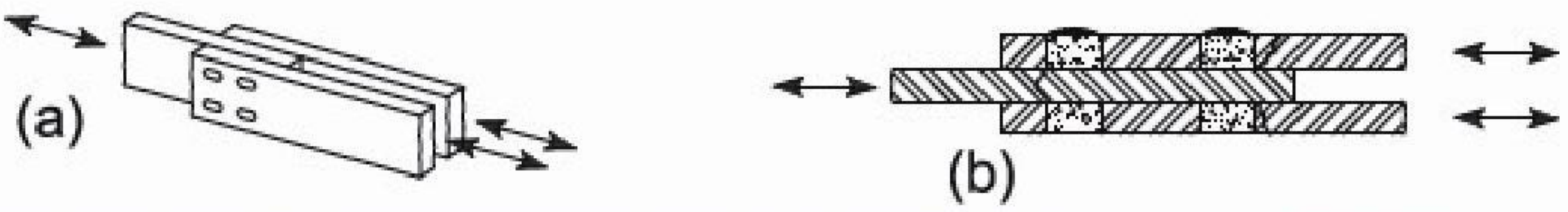

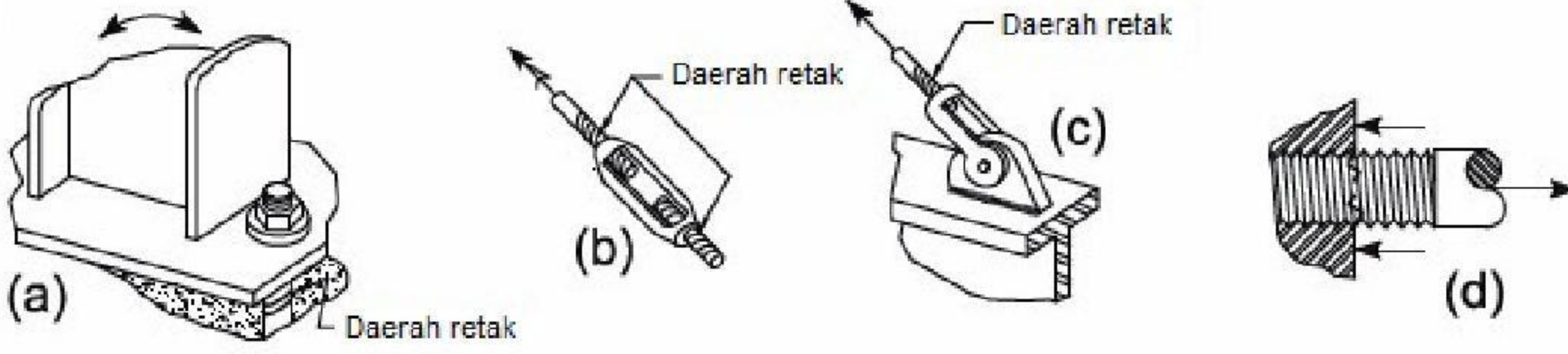
TABEL A-3-1 (lanjutan) Parameter Desain Fatik				
Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 6 – METAL DASAR PADA LAS TRANSVERSAL SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR (LANJUTAN)				
6.3 Metal dasar pada detail dari ketebalan yang tidak sama diikatkan melalui las tumpul penetrasi joint lengkap memikul beban tegak lurus dengan atau tanpa beban longitudinal bila detail berwujud suatu radius transisi, R , dengan penghentian las permukaan rata dan dengan kekuatan ditetapkan oleh pemeriksaan radigrafi atau ultrasonik menurut persyaratan subpasal 6.12 atau 6.13 dari AWS D1.1/D1.1M. Bila perkuatan las dihilangkan: $R > 2$ in. (50 mm)	D	22×10^8	7 (48)	Pada kaki las sepanjang tepi dari material paling tipis
$R \leq 2$ in. (50 mm)	E	11×10^8	4,5 (31)	Dalam penghentian las dalam radius kecil
Bila perkuatan tidak dihilangkan: Radius apapun	E	11×10^8	4,5 (31)	Pada kaki las sepanjang tepi dari material paling tipis
6.4 Metal dasar memikul tegangan longitudinal pada komponen struktur transversal, dengan atau tanpa tegangan transversal, diikatkan dengan sudut atau las-las tumpul penetrasi joint sebagian paralel terhadap arah tegangan bila detail berwujud radius transisi, R , dengan penghentian las ground smooth: $R > 2$ in. (50 mm)	D	22×10^8	7 (48)	Dimulai dalam metal dasar di penghentian las atau di kaki las diperluas ke metal metal dasar
$R \leq 2$ in. (50 mm)	E	11×10^8	4,5 (31)	

TABEL A-3.1 (LANJUTAN) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 6 – METAL DASAR PADA LAS TRANSVERSAL SAMBUNGAN KOMPONEN STRUKTUR	
6.3	
6.4	

TABEL A-3-1 (lanjutan) Parameter Desain Fatik				
Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 7 – METAL DASAR PADA PENGIKATAN PENDEK				
7.1 Metal dasar yang memikul beban longitudinal pada detail-detail dengan las-las paralel atau tegak lurus arah tegangan di mana detail berwujud radius transisi dan dengan panjang detail dalam arah tegangan, a , dan ketebalan pengikatan, b :				Dimulai pada metal dasar di penghentian las atau pada kaki las perluasan ke metal dasar
$a < 2$ in. (50 mm)	C	44×10^8	10 (69)	
2 in. (50 mm) $\leq a \leq$ nilai terkecil dari $12b$ atau 4 in. (100 mm)	D	22×10^8	7 (48)	
$a > 4$ in. (100 mm) bila $b > 0,8$ in. (20 mm)	E	11×10^8	4,5 (31)	
$a >$ nilai terkecil dari $12b$ atau 4 in. (100 mm) bila $b > 0,8$ in. (20 mm)	E'	$3,9 \times 10^8$	2,6 (18)	
7.2 Metal dasar yang memikul tegangan longitudinal pada detail-detail yang diikatkan dengan las sudut atau las tumpul penetrasi joint sebagian, dengan atau tanpa beban transversal pada detail, bila detail mewujudkan radius transisi, R , dengan batasan las permukaan rata:				Dimulai pada metal dasar di penghentian las, perluasan ke metal dasar
$R > 2$ in. (50 mm)	D	22×10^8	7 (48)	
$R \leq 2$ in. (50 mm)	E	11×10^8	4,5 (31)	
„Attachment“ seperti digunakan di sini ditentukan sebagai detail baja apapun di las ke suatu komponen struktur, dengan hanya kehadiran dan ketidaktergantungan dari bebannya, menyebabkan diskontinu dalam aliran tegangan pada komponen struktur dan mereduksi ketahanan fatik.				

TABEL A-3.1 (LANJUTAN) Parameter Desain Fatik	
Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 7 – METAL DASAR PADA PENGIKATAN PENDEK	
7.1	
7.2	

TABEL A-3-1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik				
Deskripsi	Kategori Tegangan	Konstanta C_f	Ambang batas F_{TH} ksi (MPa)	Titik Permulaan Retak Potensial
PASAL 8 – MISCELLANEOUS				
8.1 Metal dasar pada angkur <i>steel headed stud</i> diikatkan dengan las sudut atau las batang otomatis	C	44×10^8	10 (69)	Pada kaki las dalam metal dasar
8.2 Geser pada throat menerus atau las sudut longitudinal atau transversal berselang	F	150×10^{10} (Pers. A-3-2 atau A-3-2M)	8 (55)	Dimulai pada root dari las sudut, perluasan ke las
8.3 Metal dasar pada las plug atau las slot	E	11×10^8	4,5 (31)	Dimulai pada metal dasar di ujung dari las plug atau las slot, perluasan ke metal dasar
8.4 Geser untuk las plug atau las slot	F	150×10^{10} (Pers. A-3-2 atau A-3-2M)	8 (55)	Dimulai pada las permukaan lekatan, perluasan ke las
8.5 Baut kekuatan tinggi snug-tightened, baut biasa, batang angkur berulir, dan gantungan batang dengan pemotongan, ground atau ulir. Rentang tegangan pada area tegangan tarik akibat beban hidup ditambah aksi prying bila sesuai.	G	$3,9 \times 10^8$	7 (48)	Memulai pada root dari ulir, perluasan ke sarana penyambung

TABEL A-3.1 - (Lanjutan) Parameter Desain Fatik Contoh-contoh tipikal ilustrasi	
PASAL 8 – MISCELLANEOUS	
8.1	
8.2	
8.3	
8.4	
8.5	

LAMPIRAN 4

DESAIN STRUKTURAL UNTUK KONDISI KEBAKARAN

Lampiran ini membahas kriteria untuk desain dan evaluasi komponen *baja struktural*, sistem dan rangka untuk kondisi kebakaran. Kriteria ini menyediakan untuk penentuan head input, pemuaian termal dan degradasi dalam properti mekanikal material pada *temperatur terelevasi* yang menyebabkan penurunan progresif dalam kekuatan dan *kekakuan* dari *komponen struktur* dan sistem pada temperatur terelevasi..

Lampiran diatur sebagai berikut:

- 4.1. Ketentuan Umum
- 4.2. Desain Struktural untuk Kondisi Kebakaran dengan Analisis
- 4.3. Desain dengan Pengujian Kualifikasi

4.1 KETENTUAN UMUM

Metode yang dikandung dalam lampiran ini mempersiapkan bukti regulator kesesuaian menurut outline aplikasi desain dalam pasal ini.

4.1.1 Objektif Kinerja

Komponen struktural, komponen struktur dan sistem rangka bangunan gedung harus didesain mempertahankan fungsi *beban-tumpuan* selama *kebakaran desain-dasar* dan menetapkan persyaratan kinerja lainnya yang disyaratkan untuk penghuni bangunan gedung.

Diperlukan pertimbangan deformasi struktur penahan beban bila kriteria deformasi harus diterapkan bila rata-rata *ketahanan kebakaran* struktur tersedia, atau kriteria desain untuk *pemisah kebakaran*.

Di dalam kompartemen asal mula *kebakaran*, *gaya-gaya* dan deformasi-deformasi kebakaran dasar desain tidak menyebabkan lubang horizontal atau *kompartemensasi* vertikal.

4.1.2 Desain dengan Analisis Kerekayasaan

Metode analisis dalam Pasal 4.2 boleh digunakan untuk membuktikan ekivalensi untuk material alternatif atau metode alternatif, seperti diizinkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

Metode analisis dalam Pasal 4.2 boleh digunakan untuk membuktikan ekivalensi untuk material alternatif atau metode alternatif, seperti diizinkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

Desain struktur untuk kondisi *kebakaran* yang menggunakan Lampiran 4.2 harus dilakukan menggunakan metode *desain faktor beban* dan *ketahanan* menurut ketentuan Pasal B3.3 (DFBK).

4.1.3 Desain dengan Pengujian Kualifikasi

Metode pengujian kualifikasi dalam Pasal 4.3 boleh digunakan sebagai dokumen *ketahanan kebakaran* rangka baja yang menahan protokol pengujian *kebakakaran* standardisasi yang disyaratkan *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

4.1.4 Kombinasi Beban dan Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu struktur dan elemen-elemennya harus ditentukan dari *kombinasi beban gravitas* sebagai berikut:

$$[0,9 \text{ atau } 1,2] D + T + 0,5L \quad (\text{A-4-1})$$

keterangan

D = beban mati nominal

L = beban hidup penghunian nominal

T = gaya-gaya nominal dan deformasi akibat *kebakaran desain-dasar* dijelaskan dalam Pasal 4.2.1

Beban notional, $N_i = 0,002Y_i$, seperti dijelaskan dalam Pasal C2.2, dimana N_i = beban *notional* yang diterapkan pada level portal i dan Y_i = beban gravitas kombinasi A-4-4-1 yang bekerja pada level portal i , harus diterapkan dalam kombinasi *beban-beban* yang ditetapkan dalam Persamaan A-4-1. Kecuali dinyatakan lain ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, D , dan L harus *beban nominal* yang disyaratkan dalam ASCE/SEI 7.

4.2 DESAIN STRUKTURAL UNTUK KONDISI KEBAKARAN DENGAN ANALISIS

Boleh untuk mendesain komponen struktur, komponen dan rangka bangunan gedung untuk *temperatur terelevasi* menurut persyaratan pasal ini.

4.2.1 Desain-Dasar Kebakaran

Kebakaran desain-dasar harus diidentifikasi untuk menggambarkan kondisi pemanasan untuk struktur. Kondisi pemanasan ini harus menghubungkan komoditas fuel dan karakteristik kompartemen yang ada dalam area *kebakaran* yang diasumsikan. Densitas *beban* fuel berdasarkan penghunian ruang tersebut harus diperhitungkan bila beban fuel total ditentukan. Kondisi pemanasan harus disyaratkan salah satu dalam istilah-istilah *fluks panas* atau temperatur lapisan gas teratas oleh kebakaran tersebut. Variasi kondisi pemanasan dengan waktu harus ditentukan untuk durasi kebakaran tersebut.

Bila metode analisis dalam Pasal 4.2 digunakan untuk membuktikan ekivalensi sebagai material alternatif atau metode alternatif seperti diizinkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, kebakaran desain-dasar harus ditentukan menurut ASTM E119.

4.2.1.1 Kebakaran Dilokalisasi

Bila *tingkat pelepasan panas* dari *kebakaran* tidak cukup untuk menyebabkan *flashover*, paparan api lokal harus diasumsikan. Dalam kasus tersebut, komposisi bahan bakar/fuel, pengaturan array bahan bakar dan luas lantai yang diduduki oleh fuel harus digunakan untuk menentukan fluks radiasi panas dari api dan asap pada struktur tersebut.

4.2.1.2 Paca-Flashover Kebakaran Kompartemen

Bila tingkat pelepasan panas *kebakaran* cukup untuk menyebabkan *flashover*, api kompartemen pasca-flashover harus diasumsikan. Penentuan temperatur versus

waktu profil yang dihasilkan api harus mencakup *beban* fuel, karakteristik ventilasi dari ruang (natural dan mekanikal), dimensi kompartemen dan karakteristik termal pembatas kompartemen tersebut.

Durasi api pada daerah tertentu harus ditentukan dengan mempertimbangkan massa total kebakaran, atau beban fuel yang tersedia pada ruang tersebut. Dalam kasus kebakaran dilokalisasi atau api kompartemen pasca-flashover, durasi api harus ditentukan sebagai massa total terbakar dibagi dengan tingkat kehilangan massa.

4.2.1.3 Kebakaran Eksterior

Eksposur struktur ekterior pemoreyeksi menyala dari jendela atau bukaan-bukaan dinding lainnya sebagai hasil *kebakaran* kompartemen pasca-*flashover* harus diperhitungkan sepanjang radiasi kebakaran interior sampai bukaan. Bentuk dan panjang proyeksi kobaran api harus digunakan sepanjang jarak antara kobaran api dan pabrik baja ekterior untuk menentukan fluks panas untuk baja tersebut. Metode tersebut diidentifikasi dalam Pasal 4.2.1.2 harus digunakan untuk menggambarkan karakteristik-karakteristik kebakaran kompartemen interior.

4.2.1.4 Sistem Proteksi Kebakaran Aktif

Efek-efek *sistem proteksi kebakaran aktif* harus dipertimbangkan bila menggambarkan *kebakaran desain-dasar*.

Bila asap rokok otomatis dan lubang untuk keluar dan masuk udara dipasang dalam ruang nonspirinkler, temperatur asap rokok yang dihasilkan harus ditentukan dari penghitungan.

4.2.2 Temperatur dalam Sistem Struktur akibat Kondisi Kebakaran

Temperatur pada komponen struktur struktural, komponen dan rangka akibat kondisi pemanasan ditambah dengan *kebakaran desain-dasar* harus ditentukan dengan analisis penyalur panas.

4.2.3 Kekuatan Material pada Temperatur Terelevasi

Properti material pada *temperatur terelevasi* harus ditentukan dari data pengujian. Dalam ketiadaan data, boleh menggunakan properti material yang ditetapkan dalam pasal ini. Hubungan ini tidak berlaku untuk baja dengan *kekuatan leleh* melebihi 65 ksi (448 MPa) atau beton dengan kekuatan tekan yang disyaratkan melebihi 8 000 psi (55 MPa).

4.2.3.1 Perpanjangan akibat Termal

Koefisien muai harus diambil sebagai berikut:

- (a) Untuk baja struktural dan baja perkuatan: Untuk penghitungan pada temperatur di bawah 150 °F (65 °C), koefisien muai termal harus $7,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$ ($1,4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$).
- (b) Untuk beton normal: Untuk penghitungan pada temperatur di bawah 150 °F (65 °C), koefisien muai termal harus $1,0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{F}$ ($1,8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$).

- (c) Untuk *beton ringan*: Untuk penghitungan pada temperatur di bawah 150 °F (65 °C), koefisien muai termal harus $4,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$ ($7,9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).

4.2.3.2 Properti Mekanikal pada Temperatur Terelevasi

Penurunan dalam kekuatan dan *kekakuan* komponen struktur, komponen dan sistem harus dimasukkan dalam perhitungan *analisis struktural* rangka. Nilai-nilai $F_y(T)$, $F_p(T)$, $F_u(T)$, $E(T)$, $G(T)$, $f'_c(T)$, $E_c(T)$ dan $\varepsilon_{cu}(T)$ pada temperatur terelevasi yang digunakan dalam analisis struktur, dinyatakan sebagai rasio dengan mencerminkan terhadap properti pada ambien, diasumsikan sebesar 68 °F (20 °C), harus didefinisikan seperti dalam Tabel A-4.2.1 dan A-4.2.2. $F_p(T)$ adalah batas proporsi pada *temperatur terelevasi*, dimana dihitung sebagai rasio terhadap *kekuatan leleh* seperti disyaratkan dalam Tabel A-4.2.1. Interpolasi boleh dilakukan antara nilai-nilai ini. Untuk *beton ringan*, nilai-nilai ε_{cu} harus diperoleh dari pengujian-pengujian.

TABEL A-4.2.1
Properti Baja pada Temperatur Terelevasi

Temperatur Baja °F (°C)	$k_E = E(T)/E = G(T)/G$	$k_p = F_p(T)/F_y$	$k_y = F_y(T)/F_y$	$k_u = F_u(T)/F_y$
68 (20)	1,00	1,00	1,00	1,00
200 (93)	1,00	1,00	1,00	1,00
400 (204)	0,90	0,80	1,00	1,00
600 (316)	0,78	0,58	1,00	1,00
750 (399)	0,70	0,42	1,00	1,00
800 (427)	0,67	0,40	0,94	0,94
1 000 (538)	0,49	0,29	0,66	0,66
1 200 (649)	0,22	0,13	0,35	0,35
1 400 (760)	0,11	0,06	0,16	0,16
1 600 (871)	0,07	0,04	0,07	0,07
1 800 (982)	0,05	0,03	0,04	0,04
2 000 (1 093)	0,02	0,01	0,02	0,02
2 200 (1 204)	0,00	0,00	0,00	0,00

TABEL A-4.2.2
Properti Beton pada Temperatur Terelevasi

Temperatur beton °F (°C)	$k_c = f'_c(T)/f'_c$		$E_c(T)/E_c$	$\varepsilon_{cu}(T)$, % Beton normal
	Beton normal	Beton ringan		
68 (20)	1,00	1,00	1,00	0,25
200 (93)	0,95	1,00	0,93	0,34
400 (204)	0,90	1,00	0,75	0,46
550 (288)	0,86	1,00	0,61	0,58
600 (316)	0,83	0,98	0,57	0,62
800 (427)	0,71	0,85	0,38	0,80
1 000 (538)	0,54	0,71	0,20	1,06
1 200 (649)	0,38	0,58	0,092	1,32
1 400 (760)	0,21	0,45	0,073	1,43
1 600 (871)	0,10	0,31	0,055	1,49
1 800 (982)	0,05	0,18	0,036	1,50
2 000 (1 093)	0,01	0,05	0,018	1,50
2 200 (1 204)	0,00	0,00	0,000	0,00

4.2.4 Persyaratan Desain Struktural

4.2.4.1 Integritas Struktural Umum

Rangka struktural harus mampu menyediakan kekuatan yang cukup dan kapasitas deformasi untuk berdiri, sebagai suatu sistem, aksi struktur tersebut disalurkan selama kebakaran dalam batas-batas deformasi yang ditetapkan. *Sistem struktural* harus didesain untuk bertahan terhadap kerusakan lokal dengan sistem struktur secara keseluruhan tetap stabil.

Alur-alur *beban* menerus harus tersedia untuk menyalurkan semua *gaya-gaya* daerah terekspos ke akhir titik ketahanan. Fondasi harus didesain untuk menahan *gaya-gaya* dan mengakomodasi deformasi-deformasi yang dikembangkan selama *desain-dasar kebakaran*.

4.2.4.2 Persyaratan Kekuatan dan Batas Deformasi

Kesesuaian *sistem struktur* untuk persyaratan ini harus dibuktikan dengan pengkonstruksian model matematik struktur berdasarkan prinsip mekanis struktur dan dengan mengevaluasi model ini untuk *gaya-gaya* internal dan deformasi dalam komponen struktur dari struktur yang dikembangkan melalui temperatur *desain-dasar kebakaran*.

Komponen struktur individual harus diberi dengan kekuatan cukup untuk menahan geser, *gaya aksial* dan momen-momen yang ditentukan sehingga memenuhi ketentuan-ketentuan ini.

Sambungan harus memiliki kekuatan komponen struktur yang disambung atau *gaya-gaya* yang ditunjukkan di atas. Bila pengertian dari penyediaan *ketahanan kebakaran* mensyaratkan pertimbangan kriteria deformasi, deformasi sistem struktur, atau komponen struktur, akibat *desain-dasar kebakaran* tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan.

4.2.4.3 Metode Analisis

4.2.4.3a Metode Lanjutan Analisis

Metode analisis dalam pasal ini diperbolehkan untuk mendesain semua struktur bangunan gedung baja untuk kondisi *kebakaran*. Eksposur *kebakaran desain-dasar* harus ditentukan dalam Pasal 4.2.1. Analisis harus mencakup respons termal dan respons mekanikal untuk *desain-dasar kebakaran*.

Respons termal harus menghasilkan temperatur lapangan dalam setiap elemen struktur sebagai hasil *desain-dasar kebakaran* dan properti termal harus bergantung temperatur yang menghubungkan elemen struktur dan material yang menahan *kebakaran*, seperti pada Pasal 4.2.2.

Hasil respons mekanikal dalam *gaya* dan deformasi pada *sistem struktural* yang menahan respons termal dihitung dari *desain-dasar kebakaran*. Respons mekanikal harus diambil untuk menghitung eksplisit penurunan dalam kekuatan dan *kekakuan* dengan pertambahan temperatur, efek dari pemuai termal, dan deformasi besar. Kondisi pembatas dan kepastian sambungan harus mewakili desain struktur yang diusulkan. Properti material harus ditentukan seperti dalam Pasal 4.2.3.

Analisis yang dihasilkan harus mempertimbangkan semua *keadaan batas* yang relevan, misalnya defleksi berlebih, fraktur sambungan, dan keseluruhannya atau *tekuk lokal*.

4.2.4.3b Metode Sederhana Analisis

Metode analisis dalam pasal ini boleh digunakan untuk evaluasi kinerja komponen struktur individual pada *temperatur terevaluasi* selama eksposur terhadap *kebakaran*.

Kondisi penumpu dan pengekang (gaya-gaya, momen-momen dan kondisi-kondisi pembatas) yang bisa diterima pada temperatur normal boleh diasumsikan untuk tetap tidak berubah selama eksposur kebakaran.

Untuk temperatur baja yang kurang dari atau sama dengan 400 °F (204 °C), *kekuatan desain* komponen struktur dan sambungan harus ditentukan tanpa mempertimbangkan efek temperatur.

Catatan: Pada temperatur di bawah 400 °F (204 °C), degradasi dalam properti baja tidak perlu diperhitungkan dalam perhitungan kekuatan komponen struktur untuk metode sederhana analisis; namun, gaya-gaya dan deformasi-deformasi yang terinduksi oleh temperatur terelevasi harus diperhitungkan.

(1) Komponen Struktur Tarik

Boleh memodelkan respons termal elemen tarik dengan menggunakan persamaan penyalur panas satu-dimensi melalui input panas seperti ditentukan oleh *desain-dasar kebakaran* yang dijelaskan dalam Pasal 4.2.1.

Kekuatan desain komponen struktur tarik harus ditentukan menggunakan ketentuan Bab D, dengan properti baja seperti ditetapkan dalam Pasal 4.2.3 dan diasumsikan temperatur merata sepanjang penampang melintang dengan menggunakan temperatur yang sama dengan temperatur baja maksimum.

(2) Komponen Struktur Tekan

Boleh memodelkan respons termal dari elemen tekan menggunakan persamaan penyalur panas satu-dimensi dengan input panas seperti ditentukan oleh *desain-dasar kebakaran* yang dijelaskan dalam Pasal 4.2.1.

Kekuatan desain komponen struktur tekan harus ditentukan menggunakan ketentuan Bab E dengan properti baja seperti ditetapkan dalam Pasal 4.2.3 dan Persamaan A-4-2 digunakan sebagai pengganti Persamaan E3-2 dan E3-3 untuk menghitung kekuatan tekan nominal untuk *tekuk lentur*:

$$F_r(T) = \left[0,42 \sqrt{F_y(T)/F_e(T)} \right] F_y(T) \quad (\text{A-4-2})$$

dimana $F_y(T)$ adalah *tegangan leleh* pada temperatur terelevasi dan $F_e(T)$ adalah tegangan tekuk elastis kritis dihitung dari Persamaan E3-4 dengan modulus elastis $E(T)$ pada temperatur terelevasi. $F_y(T)$ dan $E(T)$ diperoleh menggunakan koefisien dari Tabel A-4.2.1.

(3) Komponen Struktur Lentur

Boleh memodelkan respons termal elemen lentur menggunakan persamaan penyalur panas satu-dimensi untuk mengevaluasi temperatur sayap bawah dan diasumsikan bahwa temperatur sayap dibawah ini adalah konstan di sepanjang ketinggian komponen struktur.

Kekuatan desain komponen struktur lentur harus ditentukan menggunakan ketentuan Bab F dengan properti baja seperti ditetapkan dalam Pasal 4.2.3 dan Persamaan A-4-3 sampai A-4-10 digunakan sebagai pengganti Persamaan F2-2 sampai F2-6 untuk menghitung kekuatan lentur nominal untuk *tekuk lateral-torsi* dari komponen struktur simetris ganda tanpa dibreis secara lateral:

(a) Bila $L_b \leq L_r(T)$

$$M_n(T) = C_b \left[M_r(T) + [M_p(T) - M_r(T)] \left[1 - \frac{L_b}{L_r(T)} \right]^{c_x} \right] \quad (\text{A-4-3})$$

(b) Bila $L_b > L_r(T)$

$$M_n(T) = F_{cr}(T) S_x \quad (\text{A-4-4})$$

dimana

$$F_{cr}(T) = \frac{C_b \pi^2 E(T)}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (\text{A-4-5})$$

$$L_r(T) = 1,95 r_{ts} \frac{E(T)}{F_L(T)} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left[\frac{F_L(T)}{E(T)} \right]^2} \quad (\text{A-4-6})$$

$$M_r(T) = S_x F_L(T) \quad (\text{A-4-7})$$

$$F_L(T) = F_y (k_p - 0,3 k_y) \quad (\text{A-4-8})$$

$$M_p(T) = Z_x F_y(T) \quad (\text{A-4-9})$$

$$c_x = 0,53 + \frac{T}{450} \leq 3,0 \text{ di mana } T \text{ adalah dalam } ^\circ\text{F} \quad (\text{A-4-10})$$

$$c_x = 0,6 + \frac{T}{250} \leq 3,0 \text{ di mana } T \text{ adalah dalam } ^\circ\text{C} \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{A-4-10})$$

Properti material pada temperatur terelevasi, $E(T)$ dan $F_y(T)$, dan koefisien k_p dan k_y dihitung menurut Tabel A-4.2.1, dan istilah-istilah lainnya seperti dijelaskan dalam Bab F.

(4) **Komponen Struktur Lantai Komposit**

Respons termal boleh dimodelkan dari elemen lentur yang mendukung pelat beton menggunakan persamaan penyalur panas satu-dimensi untuk menghitung temperatur sayap bawah. Temperatur itu harus diambil sebagai konstan antara sayap bawah dan tengah-tinggi dari badan dan harus menurun secara linear dengan tidak lebih dari 25 % dari tengah-tinggi dari badan ke sayap paling atas dari *balok* tersebut.

Kekuatan desain komponen struktur lentur *komposit* harus ditentukan menggunakan ketentuan Bab I, dengan tegangan-tegangan leleh yang direduksi dalam baja tersebut konsisten dengan variasi temperatur yang dijelaskan akibat respons termal.

4.2.4.4 **Kekuatan Desain**

Kekuatan desain harus ditentukan seperti dalam Pasal B3.3. *Kekuatan nominal*, R_n , harus dihitung menggunakan properti material, seperti dijelaskan dalam Pasal 4.2.3, pada temperatur tersebut dikembangkan dengan *desain-dasar kebakaran*, dan seperti ditetapkan dalam Lampiran ini.

4.3 **DESAIN DENGAN PENGUJIAN KUALIFIKASI**

4.3.1 **Standar Kualifikasi**

Komponen struktur dan komponen dalam bangunan gedung baja harus dikualifikasikan untuk periode peringkat dalam kesesuaian dengan ASTM E119. Pembuktian kesesuaian dengan persyaratan yang menggunakan prosedur yang disyaratkan untuk konstruksi baja dalam Pasal 5 dari SEI/ASCE/SFPE Standar 29-05, *Standard Calculation Methods for Structural Fire Protection*, boleh dilakukan.

4.3.2 **Konstruksi Dikekang**

Untuk lantai dan atap yang dirakit dan *balok* individual dalam bangunan gedung, berada dalam kondisi terkekang bila sekeliling atau struktur pendukung mampu menahan gaya dan deformasi akomodasi yang disebabkan oleh pemuaian termal melalui rentang *temperatur terelevasi* terantisipasi.

Balok baja, gelagar dan rangka yang mendukung pelat beton yang dilas atau dibaut untuk perangkaan integral komponen struktur harus diperhitungkan sebagai *konstruksi terkekang*.

4.3.3 **Konstruksi Tidak Dikekang**

Balok baja, gelagar dan rangka yang tidak mendukung pelat beton harus diperhitungkan tidak dikekang kecuali komponen struktur tersebut dibaut atau dilas mengelilingi konstruksi yang telah secara spesifik didesain dan didetail untuk menahan efek-efek dari *temperatur terelevasi*.

Tumpuan komponen struktur baja pada suatu dinding di bentang tunggal atau di bentang ujung dari bentang banyak harus diperhitungkan tidak dikekang kecuali dinding tersebut telah didesain dan didetail untuk menahan efek pemuaian termal.

LAMPIRAN 5

EVALUASI DARI STRUKTUR YANG SUDAH BERDIRI

Lampiran ini berlaku untuk evaluasi dari kekuatan dan *kekakuan* akibat *beban* vertikal statis (gravitasi) dari struktur yang sudah berdiri dengan *analisis* struktur, melalui uji beban atau dengan kombinasi analisis struktur dan uji beban bila disyaratkan oleh *Insinyur profesional bersertifikat* atau dalam dokumen kontrak. Untuk evaluasi ini, mutu/kelas baja tidak dibatasi terhadap daftar yang terdapat dalam Pasal A3.1. Lampiran ini tidak membahas uji beban untuk efek-efek beban seismik atau beban bergerak (vibrasi).

Lampiran disusun sebagai berikut:

- 5.1. Ketentuan Umum
- 5.2. Properti Material
- 5.3. Evaluasi dengan Analisis Struktural
- 5.4. Evaluasi dengan Uji Beban
- 5.5. Laporan Evaluasi

5.1 KETENTUAN UMUM

Ketentuan-ketentuan ini harus bisa diterima bila evaluasi struktur baja yang telah berdiri disyaratkan untuk (a) verifikasi dari set spesifik beban desain atau (b) penentuan dari *kekuatan tersedia* dari komponen struktur penahan *gaya* atau sistem. Evaluasi harus dilakukan dengan *analisis struktur* (Pasal 5.3), melalui uji *beban* (Pasal 5.4), atau melalui kombinasi dari analisis struktur dan uji beban, seperti disyaratkan dalam dokumen kontrak. Bila uji beban digunakan, *Insinyur profesional bersertifikat* harus pertama melakukan analisis bagian-bagian struktur yang sesuai, mempersiapkan rencana pengujian, dan mengembangkan prosedur tertulis untuk mencegah deformasi permanen berlebih atau keruntuhan yang tak terduga selama pengujian.

5.2 PROPERTI MATERIAL

1. Penentuan Pengujian yang Diperlukan

Insinyur profesional bersertifikat harus menentukan uji spesifik yang diperlukan Pasal 5.2.2 sampai 5.2.6 dan menetapkan lokasi dimana mereka diperlukan. Bila tersedia, gunakan catatan proyek yang berlaku yang boleh mereduksi atau mengurangi keperluan untuk pengujian.

2. Properti Tarik

Properti tarik komponen struktur harus diperhitungkan dalam evaluasi melalui *analisis* (Pasal 5.3) atau uji *beban* (Pasal 5.4). Properti-properti demikian harus mencakup *tegangan leleh*, *kekuatan tarik* dan *persen perpanjangan*. Bila tersedia, laporan uji material bersertifikat atau laporan bersertifikat dari uji yang dibuat oleh fabrikator atau laboratorium pengujian sesuai dengan ASTM A6/A6M atau A568/A568M, yang sesuai, harus diizinkan untuk tujuan ini. Kemudian, uji tarik harus dilakukan menurut ASTM A370 dari pemotongan sampel komponen struktur.

3. Komposisi Kimia

Bila pengelasan diantisipasi untuk perbaikan atau modifikasi struktur yang sudah berdiri, komposisi kimia baja harus ditentukan untuk penggunaan dalam persiapan Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPP/WPS). Bila tersedia, hasil laporan uji material bersertifikat atau laporan bersertifikat pengujian yang dibuat oleh fabrikator atau laboratorium pengujian menurut prosedur ASTM harus diizinkan untuk tujuan ini. Selain itu, analisis harus dilakukan menurut ASTM A751 dari sampel yang digunakan untuk menentukan properti tarik, atau dari sampel yang diambil dari lokasi yang sama.

4. Kekerasan Takik Metal Dasar

Bila *splice* tarik dilas dalam bentuk besar dan pelat seperti dijelaskan dalam Pasal A3.1d yang kritis terhadap kinerja struktur, *kekeraan takik* Charpy V harus ditentukan menurut ketentuan Pasal A3.1d. Jika kekerasan takik yang ditentukan tidak memenuhi ketentuan Pasal A3.1d, *Insinyur profesional bersertifikat* harus menentukannya jika aksi remedial diperlukan.

5. Metal Las

Bila kinerja struktur tergantung pada *sambungan* dilas yang ada, perwakilan sampel metal las harus diperoleh. Analisis kimia dan uji mekanikal harus dibuat untuk karakteristik metal las. Penentuan harus dibuat dari besaran dan konsekuensi ketidaksempurnaan. Jika persyaratan AWS D1.1/D1.1M tidak dipenuhi, *Insinyur profesional bersertifikat* harus menentukannya jika aksi remedial diperlukan.

6. Baut dan Paku Keling

Perwakilan sampel baut harus diperiksa untuk penandaan dan klasifikasi. Bila baut tidak dapat teridentifikasi dengan tepat secara visual, perwakilan sampel harus dipindahkan dan diuji untuk menentukan *kekuatan tarik* sesuai dengan ASTM F606 atau ASTM606M dan oleh sebab itu baut diklasifikasikan. Paku keling harus diasumsikan ASTM A502, Kelas 1, kecuali kelas tertinggi ditetapkan melalui dokumentasi atau pengujian.

5.3 EVALUASI DENGAN ANALISIS STRUKTURAL

1. Data Dimensional

Semua dimensi digunakan dalam evaluasi, misal bentang, tinggi *kolom*, spasi komponen struktur, lokasi *breising*, dimensi penampang melintang, ketebalan, dan detail *sambungan*, harus ditentukan dari survei lapangan. Alternatif, bila tersedia, boleh menentukan dimensi desain proyek yang berlaku atau gambar kerja dengan verifikasi lapangan dari nilai-nilai kritis.

2. Evaluasi Kekuatan

Gaya-gaya (efek beban) dalam komponen struktur dan sambungan-sambungan harus ditentukan oleh *analisis struktur* yang berlaku untuk tipe struktur yang dievaluasi. Efek beban harus ditentukan untuk *beban-beban* (gravitas) vertikal statis dan kombinasi *beban terfaktor* yang ditetapkan dalam Pasal B2.

Kekuatan tersedia komponen struktur dan sambungan-sambungan harus ditentukan dari ketentuan menurut Bab B sampai K dari Spesifikasi ini.

3. Evaluasi Kemampuan Layan

Bila diperlukan, deformasi pada *beban layan* harus dihitung dan dilaporkan.

5.4 EVALUASI DENGAN UJI BEBAN

1. Penentuan Laju Beban dengan Pengujian

Untuk menentukan laju *beban* dari struktur lantai atau atap yang ada melalui pengujian, beban uji harus ditambahkan sesuai dengan rencana *Insinyur profesional bersertifikat*. Struktur harus secara visual diperiksa untuk tanda dan keadaan bahaya atau kegagalan yang segera terjadi pada setiap level beban. Pengukuran yang sesuai harus dilakukan jika ini atau setiap kondisi tidak biasa lainnya menghadapi bahaya.

Kekuatan struktur yang diuji harus diambil sebagai beban uji yang berlaku maksimum ditambah beban mati di tempat semula. Laju beban hidup dari suatu struktur lantai harus ditentukan melalui pengaturan kekuatan yang diuji sama dengan $1,2D + 1,6L$, dimana D adalah beban mati nominal dan L adalah laju beban hidup nominal untuk struktur. Laju beban hidup nominal dari struktur lantai tidak boleh melebihi yang dihitung menggunakan ketentuan yang berlaku dari spesifikasi. Untuk struktur lantai, L_r , S atau R seperti dijelaskan dalam ASCE/SEI 7, harus disubsitusikan untuk L . Kombinasi beban yang lebih berat harus digunakan bila diperlukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Tanpa beban berkala harus diperhitungkan satu kali level *beban layan* yang dicapai dan sesudah permulaan perilaku struktur inelastis teridentifikasi pada dokumen sejumlah set permanen dan besaran deformasi inelastis. Deformasi struktur, misalnya defleksi komponen struktur, harus dimonitor pada lokasi kritis selama pengujian, diacu ke posisi awal sebelum pembebanan. Harus dibuktikan bahwa deformasi struktur tidak meningkat lebih dari 10 % selama periode penanganan satu-jam, beban uji maksimum. Boleh diulangi urutan tersebut jika diperlukan untuk membuktikan kesesuaian.

Deformasi struktur juga harus dicatat 24 jam setelah beban uji dihilangkan untuk menentukan jumlah set permanen. Karena jumlah deformasi permanen yang berlaku tergantung pada struktur spesifik, tanpa batas yang disyaratkan untuk deformasi permanen pada pembebanan maksimum. Bila hal ini tidak dapat dikerjakan dengan uji beban keseluruhan struktur, segmen atau zona yang tidak kurang dari satu bagian ruang lengkap, harus dipilih yang mewakili pada umumnya untuk kondisi kritis.

2. Evaluasi Kemampuan Layan

Bila uji *beban* diharuskan untuk dipakai, struktur harus dibebani secara bertambah untuk level *beban layan*. Deformasi harus dimonitor selama periode penanganan satu jam akibat beban uji layan dipertahankan. Kemudian struktur tidak dibebani dan deformasi harus dicatat.

5.5 LAPORAN EVALUASI

Sesudah evaluasi struktur yang sudah berdiri telah lengkap, *Insinyur profesional bersertifikat* harus mempersiapkan dokumen laporan evaluasi. Laporan tersebut harus

menunjukkan apakah evaluasi telah dilakukan melalui *analisis struktur*, dengan uji *beban*, atau dengan kombinasi analisis struktur dan uji beban. Selain itu, bila pengujian dilakukan, laporan harus mencakup beban dan kombinasi beban yang digunakan dan deformasi beban dan hubungan waktu-deformasi diamati. Semua informasi relevan yang diperoleh dari *gambar desain*, laporan uji material, dan uji material yang bersifat tambahan juga harus dilaporkan. Akhirnya, laporan harus menunjukkan apakah struktur, termasuk semua komponen struktur dan *sambungan-sambungan*, adalah cukup untuk menahan *efek-efek beban*.



LAMPIRAN 6

BREISING STABILITAS UNTUK KOLOM DAN BALOK

Lampiran ini membahas kekuatan minimum dan *kekakuan* yang diperlukan untuk memberi titik terbreis dalam *kolom*, *balok* atau *balok-kolom*.

Lampiran disusun sebagai berikut:

- 6.1. Ketentuan Umum
- 6.2. Breising kolom
- 6.3. Breising Balok
- 6.4. Breising Balok-Kolom

Catatan: Persyaratan *stabilitas* untuk sistem rangka-terbreis dijelaskan dalam Bab C. Ketentuan-ketentuan dalam Lampiran ini berlaku untuk *breising* yang tersedia pada kolom, balok dan balok-kolom individual stabilitas.

6.1 KETENTUAN UMUM

Kolom dengan ujung dan titik-titik terbreis menengah didesain memenuhi persyaratan dalam Pasal 6.2 boleh didesain berdasarkan *panjang tanpa dibreis*, L , antara titik-titik terbreis dengan *faktor panjang efektif*, $K = 1,0$. *Balok* dengan titik-titik terbreis menengah didesain memenuhi persyaratan dalam Pasal 6.3 boleh didesain berdasarkan panjang tanpa dibreis, L_b , antara titik-titik terbreis.

Bila *breising* tegak lurus terhadap komponen struktur yang akan dibreis, persamaan dalam Pasal 6.2 dan 6.3 harus digunakan langsung tanpa penyesuaian. Bila *breising* diorientasikan bersudut terhadap komponen struktur yang akan dibreis, persamaan-persamaan ini harus disesuaikan dengan sudut inklinasinya. Evaluasi dari *kekakuan* yang dilengkapi oleh breis harus mencakup komponen-komponen strukturnya dan properti geometris, efek-efek yang sama baiknya dari detail *sambungan-sambungan* dan pengangkuran.

Catatan: Dalam Lampiran ini, sistem *breising* relatif dan nodal diperuntukkan untuk kolom dan untuk balok dengan *breising* lateral. Untuk balok-balok dengan *breising torsional*, sistem *breising* nodal dan menerus yang dibahas.

Pengontrolan pergerakan *breis relatif* dari titik terbreis dengan respek ke titik-titik terbreis berdekatan. Pengontrolan pergerakan *breis nodal* pada titik terbreis tanpa interaksi langsung dengan titik-titik terbreis berdekatan. Sistem *breising* menerus terdiri dari *breising* yang ditempatkan sepanjang keseluruhan panjang komponen struktur; namun, sistem *breising* nodal dengan spasi teratur juga dapat dimodelkan sebagai sistem menerus.

Kekuatan tersedia dan *kekakuan* dari komponen struktur dan sambungan *breising* tersebut harus sama atau melebihi *kekuatan perlu* dan *kekakuan perlu*, kecuali analisis menunjukkan bahwa nilai-nilai terkecil dibenarkan. *Analisis orde kedua* yang mencakup kelurusan keluar gambar awal dari komponen struktur untuk memperoleh kekuatan breis dan persyaratan *kekakuan* diizinkan sebagai pengganti dari persyaratan-persyaratan dari Lampiran ini.

6.2 BREISING KOLOM

Diizinkan untuk breis suatu *kolom* individual pada ujung dan titik-titik menengah sepanjang panjang tersebut menggunakan *breising* relatif atau *breising* nodal.

1. Breising Relatif

Kekuatan perlu adalah

$$P_{rb} = 0,004P_r \quad (\text{A-6-1})$$

Kekakuan perlu adalah

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left(\frac{2P_r}{L_b} \right) \quad (\text{DFBK}) \quad \beta_{br} = \Omega \left(\frac{2P_r}{L_b} \right) \quad (\text{DKI}) \quad (\text{A-6-2})$$

dengan

$$\phi = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

L_b = panjang tanpa dibreis, in. (mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

P_r = kekuatan perlu dalam tekan aksial menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

P_r = kekuatan perlu dalam tekan aksial menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)

2. Breising Nodal

Kekuatan perlu adalah

$$P_{rb} = 0,01P_r \quad (\text{A-6-3})$$

Kekakuan perlu adalah

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left(\frac{8P_r}{L_b} \right) \quad (\text{DFBK}) \quad \beta_{br} = \Omega \left(\frac{8P_r}{L_b} \right) \quad (\text{DKI}) \quad (\text{A-6-4})$$

Catatan: Persamaan-persamaan ini sesuai dengan asumsi bahwa *breis-breis* nodal adalah berjarak sama sepanjang *kolom* tersebut.

dengan

$$\phi = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

P_r = kekuatan perlu dalam tekan aksial menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

P_r = kekuatan perlu dalam tekan aksial menggunakan *kombinasi beban DKI*, kips (N)

Pada Persamaan A-6-4 tidak perlu diambil kurang dari *panjang efektif* maksimum, KL , diizinkan untuk kolom berdasarkan kekuatan aksial-perlu, P_r .

6.3 BREISING BALOK

Balok dan rangka batang harus dikekang melawan rotasi di sumbu longitudinalnya pada titik-titik tumpuan. Bila titik terbreis diasumsikan dalam desain antara titik-titik tumpuan, *breising lateral*, *breising torsional*, atau kombinasi dari dua tersebut harus disediakan untuk mencegah perpindahan relatif sayap-sayap atas dan bawah (yaitu, untuk mencegah twist). Pada komponen-komponen struktur yang menahan lentur *kurva ganda*, titik belok tidak boleh dipertimbangkan sebagai titik terbreis kecuali *breising* disediakan pada lokasi itu.

1. Breising Lateral

Breising lateral harus ditempatkan pada atau dekat sayap tekan *balok*, kecuali sebagai berikut:

- (1) Pada ujung bebas balok dikantilever, *breising lateral* harus ditempatkan pada atau dekat bagian atas sayap (tarik).
- (2) Untuk balok terbreis yang menahan lentur *kurva ganda*, *breising lateral* harus ditempatkan pada kedua sayap-sayap di titik terbreis terdekat titik belok.

1a. Breising Relatif

Kekuatan perlu adalah

$$P_{rb} = 0,008M_r C_d / h_o \quad (\text{A-6-5})$$

Kekakuan perlu adalah

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left(\frac{4M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{DFBK}) \quad \beta_{br} = \Omega \left(\frac{4M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{DKI}) \quad (\text{A-6-6})$$

dengan

$$\phi = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

$C_d = 1,00$ kecuali dalam kasus yang berikut;

= 2,00 untuk breis berada di dekat titik belok dalam suatu *balok* menahan lentur *kurva ganda*

h_o = jarak antara titik-titik berat sayap, in. (mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan *kombinasi beban DFBK*, kip-in. (N-mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan *kombinasi beban DKI*, kip-in. (N-mm)

1b. Breising Nodal

Kekuatan perlu adalah

$$P_{rb} = 0,02M_r C_d / h_o \quad (\text{A-6-7})$$

Kekakuan perlu adalah

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left(\frac{10M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{DFBK}) \quad \beta_{br} = \Omega \left(\frac{10M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{DKI}) \quad (\text{A-6-8})$$

dengan

$$\phi = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)

Pada persamaan A-6-8, L_b tidak perlu diambil kecil dari panjang tanpa terbreis maksimum yang diizinkan untuk balok berdasarkan pada kekuatan perlu lentur, M_r .

2. Breising torsi

Boleh ditempatkan breising torsional pada setiap lokasi penampang melintang, dan tidak perlu ditempatkan dekat sayap tekan.

Catatan: Breising torsional dapat disediakan dengan balok, rangka melintang, atau elemen diafragma lainnya yang terhubung momen.

2a. Breising Nodal

Kekuatan perlu adalah

$$M_{rb} = \frac{0,024M_r L}{nC_b L_b} \quad (\text{A-6-9})$$

Kekakuan perlu adalah

$$\beta_{Tb} = \frac{\beta_T}{\left(1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}} \right)} \quad (\text{A-6-10})$$

dengan

$$\beta_T = \frac{1}{\phi} \left(\frac{2,4LM_r^2}{nEI_y C_b^2} \right) \quad (\text{DFBK}) \quad \beta_T = \Omega \left(\frac{2,4LM_r^2}{nEI_y C_b^2} \right) \quad (\text{DKI}) \quad (\text{A-6-11})$$

$$\beta_{sec} = \frac{3,3E}{h_o} \left(\frac{1,5h_o t_w^3}{12} + \frac{t_{st} b_s^3}{12} \right) \quad (A-6-12)$$

dengan

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 3,00 \text{ (DKI)}$$

Catatan: $\Omega = 1,5^2 / \phi = 3,00$ dalam Persamaan A-6-11 karena momen dikuadratkan.

- C_b = faktor modifikasi dijelaskan dalam Bab F
 E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)
 I_y = momen inersia keluar bidang gambar, in.⁴ (mm⁴)
 L = panjang bentang, in. (mm)
 b_s = lebar *pengaku* untuk pengaku-pengaku one-sided, in. (mm)
 = dua kali lebar pengaku individual untuk sepasang pengaku, in. (mm)
 n = jumlah titik-titik terbreis nodal di bentang tersebut
 t_w = ketebalan badan *balok*, in. (mm)
 t_{st} = ketebalan pengaku badan, in. (mm)
 β_T = kekakuan sistem breis keseluruhan, kip-in./rad (N-mm/rad)
 β_{sec} = kekakuan *distorsi* badan, termasuk efek dari *pengaku transversal*, jika ada, kip-in./rad (N-mm/rad)

Catatan: Jika $\beta_{sec} < \beta_T$, Persamaan A-6-10 adalah negatif, dimana menunjukkan bahwa *breising* balok torsi tidak boleh negatif akibat kekakuan distorsi badan tidak memadai.

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.3 (DFBK)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan *kombinasi beban DFBK*, kip-in. (N-mm)

Untuk desain sesuai dengan Pasal B3.4 (DKI)

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan *kombinasi beban DKI*, kip-in. (N-mm)

Bila diperlukan, pengaku badan harus kedalaman komponen struktur terbreis penuhnya diperpanjang dan harus ditempatkan ke sayap jika breis torsional juga ditempatkan pada sayap tersebut. Alternatif, harus diizinkan pengaku pendek berhenti dengan jarak sama dengan $4t_w$ dari setiap sayap balok yang tidak secara langsung ditempatkan pada breis torsional.

Pada Persamaan A-6-9, L_b tidak perlu diambil kecil dari *panjang tanpa terbreis* maksimum yang diizinkan untuk balok berdasarkan kekuatan lentur perlu, M_r .

2b. Breising Menerus

Untuk *breising* menerus, Persamaan A-6-9 dan A-6-10 harus digunakan dengan modifikasi yang berikut:

- (1) $L/n = 1,0$
- (2) L_b harus diambil sama dengan *panjang tanpa terbreis* maksimum yang diizinkan untuk *balok* berdasarkan kekuatan lentur perlu, M_r .

- (3) Kekakuan distorsi badan harus diambil sebesar:

$$\beta_{sec} = \frac{3,3Et_w^3}{12h_o} \quad (A-6-13)$$

6.4 BREISING BALOK-KOLOM

Untuk *breising balok-kolom*, kekuatan perlu dan pengaku untuk gaya aksial harus ditentukan seperti disyaratkan dalam Pasal 6.2, dan kekuatan perlu dan kekakuan untuk lentur harus ditentukan seperti disyaratkan dalam Pasal 6.3. Nilai-nilai juga harus ditentukan sebagai kombinasi berikut:

- (a) Bila *breising lateral* relatif digunakan, kekuatan perlu harus diambil sebagai jumlah dari nilai-nilai yang ditentukan menggunakan Persamaan A-6-1 dan A-6-5, dan kekakuan perlu harus diambil sebagai jumlah dari nilai-nilai yang ditentukan menggunakan Persamaan A-6-2 dan A-6-6.
- (b) Bila *breising lateral nodal* digunakan, kekuatan perlu harus diambil sebagai jumlah dari nilai-nilai yang ditentukan menggunakan Persamaan A-6-3 dan A-6-7, dan kekakuan perlu harus diambil sebagai jumlah dari nilai-nilai yang ditentukan menggunakan Persamaan A-6-4 dan A-6-8. Pada Persamaan A-6-4 dan A-6-8, L_b untuk balok-kolom harus diambil sebagai *panjang tanpa breising* aktual; ketentuan-ketentuan dalam Pasal 6.2.2 dan 6.3.1b bahwa L_b tidak perlu diambil kecil dari *panjang efektif* maksimum yang diizinkan berdasarkan P_r dan M_r yang tidak diterapkan.
- (c) Bila *breising torsional* disediakan untuk lentur dalam kombinasi dengan *breising* relatif atau *breising nodal* untuk gaya aksial, kekuatan dan kekakuan perlu harus dikombinasikan atau didistribusikan dalam cara yang konsisten dengan ketahanan yang tersedia oleh elemen (elemen-elemen) dari detail *breising* aktual.

LAMPIRAN 7

METODE ALTERNATIF DESAIN UNTUK STABILITAS

Lampiran ini menyajikan alternatif terhadap *metode analisis langsung* dari desain untuk *stabilitas* yang dinyatakan dalam Bab C. Kedua metode alternatif yang dicakup adalah metode *panjang efektif* dan metode *analisis orde-pertama*.

Lampiran diatur sebagai berikut:

- 7.1 Persyaratan Stabilitas Umum
- 7.2 Metode Panjang Efektif
- 7.3 Metode Analisis Orde-Pertama

7.1 PERSYARATAN STABILITAS UMUM

Persyaratan umum Pasal C1 harus diterapkan. Sebagai alternatif untuk *metode analisis langsung* (dijelaskan dalam Pasal C1 dan C2), diizinkan mendesain struktur untuk *stabilitas* sesuai dengan metode *panjang efektif*, disyaratkan dalam Pasal 7.2, atau metode *analisis orde pertama*, disyaratkan dalam Pasal 7.3, memenuhi batasan yang dijelaskan dalam pasal ini.

7.2 METODE PANJANG EFEKTIF

1. Pembatasan

Penggunaan metode *panjang efektif* harus dibatasi dengan kondisi berikut ini:

- (1) Struktur terutama mendukung *beban gravitas* melalui *kolom* vertikal nominal, dinding-dinding atau portal.
- (2) Rasio *simpangan* orde kedua maksimum terhadap simpangan orde pertama (keduanya ditentukan untuk *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*) dalam semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,5.

Catatan: Rasio simpangan orde kedua terhadap simpangan orde pertama dalam suatu tingkat dapat diambil sebagai pengali B_2 , dihitung seperti disyaratkan dalam Lampiran 8.

2. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu komponen harus ditentukan dari analisis sesuai dengan persyaratan Pasal C2.1, kecuali bahwa reduksi *kekakuan* yang dijelaskan dalam Pasal C2.3 tidak diterapkan; kekakuan nominal dari semua komponen *baja struktur* harus digunakan. *Beban notional* harus diterapkan dalam analisis sesuai Pasal C2.2b.

Catatan: Karena kondisi yang disyaratkan dalam Pasal C2.2b(4) akan dipenuhi dalam semua kasus di mana metode panjang efektif berlaku, beban *notional* hanya perlu diterapkan dalam kasus hanya beban gravitas.

3. Kekuatan Tersedia

Kekuatan tersedia komponen struktur dan sambungan harus dihitung menurut ketentuan Bab D, E, F, G, H, I, J dan K, yang berlaku.

Faktor panjang efektif, K , dari komponen struktur yang menahan tekan harus diambil seperti yang disyaratkan dalam (a) atau (b), di bawah ini, yang sesuai.

- (a) Dalam sistem *rangka terbreis*, sistem *dinding geser*, dan sistem struktur lainnya dimana *stabilitas* lateral dan ketahanan terhadap *beban lateral* tidak bergantung pada *kekakuan* lentur kolom, faktor panjang efektif, K , dari komponen struktur yang menahan tekan harus diambil sebesar 1,0, kecuali analisis rasional menunjukkan bahwa nilai terendah sesuai.
- (b) Dalam sistem *rangka momen* dan sistem struktur lainnya dimana kekakuan lentur kolom diperhitungkan berkontribusi terhadap stabilitas lateral dan ketahanan terhadap beban lateral, faktor panjang efektif, K , atau tegangan *tekuk* kritis elastis, F_e , dari kolom tersebut yang kekakuan lentur diperhitungkan berkontribusi pada stabilitas lateral dan ketahanan terhadap beban lateral harus ditentukan dari analisis *tekuk sidesway* dari struktur tersebut; K harus diambil sebesar 1,0 untuk kolom dimana kekakuan lentur tidak diperhitungkan berkontribusi terhadap stabilitas lateral dan ketahanan terhadap beban lateral.

Pengecualian: Diizinkan menggunakan $K = 1,0$ dalam desain semua kolom jika rasio *simpangan* orde kedua maksimum terhadap simpangan orde pertama maksimum (keduanya ditentukan untuk *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*) dalam semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,1.

Catatan: Metode yang menghitung faktor panjang efektif, K , dijelaskan dalam *Penjelasan*.

Breising dimaksudkan untuk menentukan *panjang tanpa breising* dari komponen struktur harus memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup untuk mengontrol pergerakan komponen struktur pada titik-titik terbreis.

Catatan: Metode yang memenuhi persyaratan *breising* yang disediakan dalam Lampiran 6. Persyaratan-persyaratan Lampiran 6 tidak berlaku pada *breising* yang termasuk dalam analisis dari keseluruhan struktur sebagai bagian dari keseluruhan sistem penahan gaya.

7.3 METODE ANALISIS ORDE PERTAMA

1. Pembatasan

Penggunaan metode *analisis orde pertama* harus dibatasi dengan kondisi berikut:

- (1) Struktur terutama mendukung *beban gravitas* melalui kolom vertikal nominal, dinding-dinding atau portal.
- (2) Rasio *simpangan* orde kedua maksimum terhadap simpangan orde pertama maksimum (keduanya ditentukan untuk *kombinasi beban DFBK* atau 1,6 kali *kombinasi beban DKI*) dalam semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,5.

Catatan: Rasio simpangan orde kedua terhadap simpangan orde pertama dalam suatu tingkat dapat diambil sebagai pengali B_2 , dihitung seperti disyaratkan dalam Lampiran 8.

- (3) *Kekuatan tekan aksial-perlu* semua komponen struktur dimana *kekakuan* lentur diperhitungkan berkontribusi pada *stabilitas* lateral dari struktur memenuhi batasan yang berikut:

$$\alpha P_r \leq 0,5 P_y \quad (\text{A-7-1})$$

keterangan

α = 1,0 (LRFD); α = 1,6 (DKI)

P_r = kekuatan tekan aksial-perlu di bawah kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)

$P_y = F_y A$ = kekuatan leleh aksial, kips (N)

2. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu komponen harus ditentukan dari *analisis orde-pertama*, dengan persyaratan tambahan (1) dan (2) di bawah. Analisis harus mempertimbangkan lentur, geser dan deformasi komponen struktur aksial, dan semua deformasi lainnya yang berkontribusi perpindahan dari struktur.

- (1) Semua kombinasi beban harus termasuk *beban lateral* tambahan, N_i , berlaku dalam kombinasi dengan beban lainnya pada setiap level dari struktur:

$$N_i = 2,1\alpha(\Delta/L)Y_i \geq 0,0042 PY_i \quad (\text{A-7-2})$$

keterangan

α = 1,0 (DFBK); α = 1,6 (DKI)

Y_i = *beban gravitas* diterapkan pada level i dari *kombinasi beban DFBK* atau *kombinasi beban DKI*, yang sesuai, kips (N)

Δ/L = rasio maksimum dari Δ terhadap L untuk semua tingkat dalam struktur tersebut

Δ = *simpangan* tingkat dalam orde pertama akibat kombinasi beban DFBK atau DKI, yang berlaku, in. (mm). Bila Δ bervariasi diatas daerah perencanaan struktur, Δ harus simpangan rata-rata weighted dalam proporsi terhadap *beban* vertikal atau, alternatif, simpangan maksimum tersebut.

L = tinggi tingkat, in. (mm)

Beban lateral tambahan pada setiap level, N_i , harus didistribusikan melalui tingkat dalam cara yang sama sebagai beban gravitas pada level tersebut. Beban-beban lateral tambahan harus diterapkan pada arah tersebut yang memberi efek destabilitas terbesar.

Catatan: Untuk kebanyakan struktur bangunan gedung, persyaratan arah N_i dapat dipenuhi sebagai berikut: Untuk kombinasi beban yang tidak termasuk beban lateral, pertimbangkan dua arah alternatif ortogonal untuk beban lateral tambahan, dalam arah positif dan negatif dalam setiap dari dua arah, arah yang sama pada semua level; untuk kombinasi beban yang mencakup beban lateral, diterapkan semua beban-beban lateral tambahan dalam arah resultan dari semua beban lateral dalam kombinasi tersebut.

- (2) Amplifikasi rangka tak bergoyang (*nonsway*) dari momen-momen *balok-kolom* harus diperhitungkan dengan menerapkan pengali B_1 dari Lampiran 8 pada momen komponen struktur total.

Catatan: Karena tidak ada analisis orde kedua yang terlibat dalam metode analisis orde pertama untuk desain dengan DKI, tidak perlu memperbesar kombinasi beban DKI dengan 1,6 sebelum dilakukan analisis, seperti disyaratkan dalam *metode analisis langsung* dan *metode panjang efektif*.

3. Kekuatan Tersedia

Kekuatan tersedia komponen struktur dan sambungan-sambungan harus dihitung menurut ketentuan Bab D, E, F, G, H, I, J dan K, yang sesuai.

Faktor panjang efektif, K , dari semua komponen struktur harus diambil sebagai kesatuan.

Breising dimaksudkan untuk menetapkan *panjang tanpa breising* komponen struktur harus memiliki *kekakuan* dan kekuatan yang cukup untuk mengontrol pergerakan komponen struktur pada titik-titik terbreis.

Catatan: Metode yang memenuhi persyaratan yang disediakan dalam Lampiran 6. Persyaratan Lampiran 6 tidak berlaku untuk breising yang termasuk dalam analisis dari keseluruhan struktur sebagai bagian dari keseluruhan sistem penahan gaya.



LAMPIRAN 8

ANALISIS ORDE-KEDUA PENDEKATAN

Lampiran ini menyediakan, sebagai suatu alternatif analisis orde kedua yang lebih teliti, prosedur untuk menghitung efek orde kedua pada struktur dengan memperbesar *kekuatan perlu* yang diperlihatkan oleh *analisis orde pertama*.

Lampiran ini disusun sebagai berikut:

- 8.1. Pembatasan
- 8.2. Prosedur Penghitungan

8.1. PEMBATASAN

Penggunaan prosedur ini dibatasi untuk struktur yang terutama memikul *beban gravitasi* melalui *kolom-kolom* vertikal nominal, dinding-dinding atau portal, kecuali bahwa diizinkan juga menggunakan prosedur yang disyaratkan untuk penentuan efek $P-\delta$ pada setiap komponen struktur tekan individual.

8.2. PROSEDUR PENGHITUNGAN

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan, M_r , dan kekuatan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (\text{A-8-1})$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (\text{A-8-2})$$

keterangan

- B_1 = pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur, dan setiap lentur dari komponen struktur sesuai dengan Pasal 8.2.1. B_1 harus diambil sebesar 1,0 untuk komponen struktur yang tidak menahan tekan.
- B_2 = pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur, dan setiap arah translasi dari tingkat sesuai dengan Pasal 8.2.2.
- M_{lt} = momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, akibat hanya translasi lateral struktur, kip-in. (N-mm)
- M_{nt} = momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, dengan struktur dikekang melawan translasi lateral, kip-in. (N-mm)
- M_r = kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kip-in. (N-mm)
- P_{lt} = gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, akibat hanya translasi lateral struktur, kips (N)
- P_{nt} = gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, dengan struktur dikekang melawan translasi lateral, kips (N)
- P_r = kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, kips (N)

Catatan: Persamaan A-8-1 dan A-8-2 berlaku untuk semua komponen struktur dalam semua struktur-struktur. Catatan, tetapi, nilai B_1 selain dari kesatuan hanya berlaku untuk momen pada *balok-kolom*; B_2 berlaku untuk momen-momen dan gaya-gaya aksial pada komponen dari *sistem penahan gaya lateral* (termasuk *kolom*, *balok*, *breising* komponen struktur dan *dinding-dinding geser*). Lihat Penjelasan lebih pada aplikasi dari Persamaan A-8-1 dan A-8-2.

1. Pengali B_1 untuk Efek $P-\delta$

Pengali B_1 untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan setiap arah dari lentur komponen struktur dihitung sebagai berikut:

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \quad (\text{A-8-3})$$

keterangan

α = 1,00 (DFBK); α = 1,60 (DKI)

C_m = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk *balok-kolom* yang tidak menahan beban transversal antara pendukung-pendukung dalam bidang lentur

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2) \quad (\text{A-8-4})$$

dimana M_1 dan M_2 , dihitung dari *analisis orde pertama*, adalah momen-momen terkecil dan terbesar, pada ujung-ujung bagian dari komponen struktur tanpa *breising* dalam bidang lentur di bawah pertimbangan. M_1/M_2 adalah positif bila komponen struktur di lengkungkan dalam *kurva terbalik*, negatif bila melengkung dalam *kurva tunggal*.

- (b) Untuk *balok-kolom* yang menahan beban transversal antara pendukung-pendukung, nilai C_m harus ditentukan baik oleh analisis atau konservatif yang diambil sebesar 1,0 untuk semua kasus.

P_{e1} = *kekuatan tekuk kritis elastis* komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur, kips (N)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (\text{A-8-5})$$

keterangan

EI^* = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($= 0,8\tau_b EI$ bila digunakan dalam *metode analisis langsung* di mana τ_b adalah seperti ditetapkan dalam Bab C; $= EI$ untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)

I = momen inersia dalam bidang lentur, in.⁴ (mm⁴)

L = panjang komponen struktur, in. (mm)

K_1 = *faktor panjang efektif* dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur, atur sama dengan 1,0 kecuali analisis membuktikan nilai terkecil

Diizinkan menggunakan perkiraan orde pertama P_r (yaitu, $P_r = P_{nt} + P_{lt}$) dalam Persamaan A-8-3.

2. Pengali B_2 untuk Efek $P - \Delta$

Pengali B_2 untuk setiap tingkat dan setiap arah dari translasi lateral dihitung sebagai berikut:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1 \quad (\text{A-8-6})$$

keterangan

α = 1,00 (DFBK); α = 1,6 (DKI)

P_{story} = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral, kips (N)

$P_{e story}$ = kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, kips (N), ditentukan dengan analisis tekuk sidesway atau sebagai:

$$P_{e story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (\text{A-8-7})$$

keterangan

R_M = $1 - 0,15 (P_{mf} / P_{story})$

L = tinggi tingkat, in. (mm) Δ_H

P_{mf} = beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari rangka momen, jika ada, dalam arah translasi yang diperhitungkan (= 0 untuk sistem rangka berbreis), kips (N)

Δ_H = simpangan tingkat-dalam orde pertama, dalam arah translasi yang diperhitungkan, akibat gaya lateral, in. (mm), dihitung menggunakan kekakuan yang diperlukan untuk digunakan dalam analisis (kekakuan direduksi seperti dijelaskan dalam Pasal C2.3 bila metode analisis langsung digunakan). Bila Δ_H bervariasi di atas daerah rencana struktur, harus simpangan rata-rata dibebankan dalam proporsi terhadap beban vertikal atau, alternatif, simpangan maksimum

H = geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung Δ_H , kips (N)

Catatan: H dan Δ_H dalam Persamaan A-8-7 dapat berdasarkan setiap beban lateral yang memberi nilai yang mewakili kekakuan lateral tingkat, H / Δ_H .